

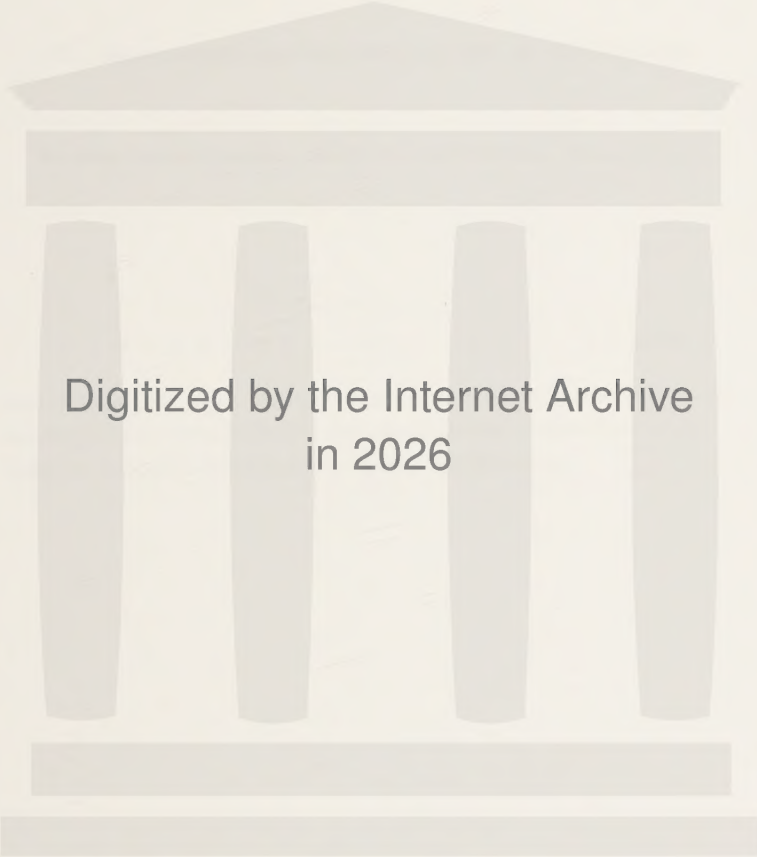
DIE SUPRAKONDYLÄRE HUMERUSFRAKTUR IM KINDESALTER

Nachuntersuchungen nach konservativer Behandlung

Hans-Eberhard Dentler

1975





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551925_0011

Aus der Kinderchirurgischen Klinik (Dir.: Prof. Dr. med.
W. Ch. HECKER) der Universitätskinderklinik München im
Dr. von Haunerschen Kinderspital

DIE SUPRAKONDYLÄRE HUMERUSFRAKTUR IM KINDESALTER

Nachuntersuchungen nach konservativer Behandlung

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hans-Eberhard Dentler

aus Lindau/Bodensee

1974



Berichterstatter : Prof. Dr. med. W. Ch. HECKER

Mitberichterstatter : Priv.-Doz. Dr. med. G. HOLLMANN

Dekan : Prof. Dr. med. W. SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 4.2.1975

Meinen Eltern
in Dankbarkeit
gewidmet

Gliederung

	Seite
A. Einleitung und Zielsetzung der Arbeit	1
B. 1. Historischer Überblick	3
2. Ätiologie	
a) Zur Entstehung der Frakturen	6
b) Zur Häufigkeit der Frakturen	10
c) Zur Seitenverteilung der Frakturen	11
3. Klinische Diagnostik	12
4. Röntgenologische Diagnostik	
a) Technik der Röntgenuntersuchung	16
b) Beurteilung der Aufnahmen	18
c) Einteilung der Frakturen in Schweregrade	22
5. Therapiemöglichkeiten	25
I. Konservative Behandlung	
Gipsverband	25
BLOUNT'scher Verband	30
KAMPRATH - Schiene	34
II. Halbkonservative Behandlung	
Vertikalextension nach BAUMANN	35
Extensionsbehandlung nach v. EKESPARRE	37
Kombinationsmethode nach JAHNA u. POIGENFÜRST	38
Gedekte Bohrdrahtosteosynthese nach J. BÖHLER	39
III. Operative Behandlung	42
6. Frühere Nachuntersuchungen und Behandlungsergebnisse	44
I. Konservative Behandlung	44
II. Halbkonservative Behandlung	68
III. Operative Behandlung	85
7. Eigene Behandlungsergebnisse	
I. Eigenes Krankengut	87
II. Klinische Nachuntersuchung	
1. Methode	94
2. Ergebnisse	95
III. Röntgenologische Nachuntersuchung	
1. Übersicht	101
2. Ergebnisse	102

	Seite
a) Messung der Achsenknickung in der Frontalebene	102
b) Messung der Achsenknickung in der Sagittalebene	110
c) Kallusbildung	115
d) Längenmessungen der verletzten Extremität im Seitenvergleich u. statistische Auswertung	115
8. Diskussion	147
9. Zusammenfassung	156
Literaturverzeichnis	159

DIE SUPRAKONDYLÄRE HUMERUSFRAKTUR IM KINDESALTER

Nachuntersuchungen aus den Jahren 1960 - 1969

A. Einleitung und Zielsetzung der Arbeit

=====

Im Kindesalter gilt die suprakondyläre Humerusfraktur als die häufigste Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenks. Nach BAUMANN beträgt der prozentuale Anteil 30 %, nach G. LAURENCE 30 - 50 %, nach SCHLAG u. HABLE 53 %, nach BLOUNT 60 % und nach BAY u. BULLE 60 - 70 %. Manche Autoren (WELLER, MORRIS, V. HOFMANN, TEUTSCH u. SCHMIDT u.a.) rechnen die suprakondylären Humerusfrakturen zu den häufigsten Frakturen des Kindes überhaupt. Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich mit dieser typischen Fraktur des Kindesalters (GURLT 1862, KOCHER 1896, LUBERUS 1924, KAMPRATH 1952, WITF 1955, HECKER 1957, JOUET 1957, v. KRESPARRE 1958, J. BÖHLER 1959, L. BÖHLER 1961, BAUMANN 1963, HECKER 1966, BANDI 1969, REISMAN u. VITALI 1970, BAY u. BULLE 1972, GILL 1972 u. a.).

Wir haben in unserer Klinik Kinder mit suprakondylärer Humerusfraktur aus den Jahren 1960 - 1969 nachuntersucht; sie wurden ausschließlich konservativ

behandelt. Ein Vergleich mit operativ Behandelten - die Zahl operativ korrigierter suprakondylärer Humerusfrakturen hat in den letzten Jahren auch in unserer Klinik erheblich zugenommen - ist vorgesehen.

Sinn dieser Arbeit war, Patienten mit suprakondylärer Humerusfraktur nach konservativer Behandlung klinisch und röntgenologisch nachzuuntersuchen. Dabei wurde besonderer Wert auf eventuelle Veränderungen des Längenwachstums der betroffenen Extremität gelegt.

9. 1. Historischer Überblick

=====

Die früheste Beschreibung einer suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter fanden wir in einer Dissertation ("Diss. de necessitate et utilitate eam, in fracturis et luxationibus complicatis, ossis portionem serra discindendi, quae alterius repositioni obnitiitur". Straßburg 1776) von C. F. BOURBIER.

Es wird darin ein achtjähriger Knabe erwähnt, der durch einen Sturz von einem Pferd eine Fraktur des linken Oberarmes oberhalb des Ellbogengelenks erlitt; die Haut wurde dabei vom oberen Fragment perforiert. Weiter wird berichtet, dass alle Repositionsversuche solange vergeblich blieben, bis eine Resection des hervorragenden Endes vorgenommen wurde; danach habe man die Reposition ohne Schwierigkeiten ausführen können. Die Heilung sei innerhalb drei Wochen erfolgt; auch sei an dem Arm später weder eine Verkürzung noch eine funktionelle Beeinträchtigung festgestellt worden.-

Die erste größere wissenschaftliche Abhandlung stammt von GURLT (1862). Er gibt in seinem zweiten Band "Die Lehre von den Knochenbrüchen, Berlin 1862" eine anatomisch differenzierte Einteilung der Brüche oberhalb des Ellbogengelenks und vermutet als Ursache der Frakturen eine Hyperextension im Ellbogen. Weiterhin nennt er als wichtigste Symptome die Verkürzung der frakturierten Extremität, die abnorme Beweglichkeit an der Hauptbruchstelle und die Crepitation. GURLT empfiehlt dringend die Chloroform-Narkose, sowohl zur diagnostischen Absicherung als auch zur

vollständigen Reposition. Diese soll sogleich durch einen "nach eigenem Ermessen" angelegten Gipsverband gesichert werden. Allerdings könne auch die umsichtigste Behandlung in manchen Fällen eine beträchtliche Funktionsstörung und Deformität nicht verhindern.

Daß der Gipsverband nicht nur nach eigenem Gutdünken, sondern unter Beachtung wichtiger Vorsichtsmaßnahmen angelegt werden soll, betonte VOLKMANN (1881) in seiner Erstbeschreibung der Ischämischen Kontraktur. Er warnte besonders vor einem zu engen Gipsverband. VOLKMANN kommt weiterhin das Verdienst zu, mit v. THADEN zusammen erstmals suprakondyläre Humerusfrakturen durch Hyperextension experimentell erzeugt zu haben.

Ausführliche Experimente unternahm allerdings erst KOCHER (1896). Er führte den heute noch gebräuchlichen Begriff der Extensions- u. Flexionsfraktur ein (s.S. 6).

1917 wandte BAUMANN erstmals die "Vertikalextension im stabilen Gleichgewicht" an (s.S.35). KAMPRATH empfahl 1950 eine Abduktions-Extensionsschiene mit einem Hypomochlion in der Ellenbeuge (s.S.34).

1956 wandelte v. EKESPARRE das Extensionsverfahren nach BAUMANN durch die Anwendung pfeilförmiger Nägel anstelle eines Kirschnerdrahtbügels und einer Oberarmmanschette ab (s.S.37). BLOUNT (1957) bereicherte das konservative Therapieverfahren, das sich durch eine Anzahl von Möglichkeiten (Dorsale Gipsschiene, zirkulär gespaltener Oberarm-Vorderarm-Gips, Thorax-Arm-Gips, s.S.25) auszeichnet, durch die Einführung seines nach ihm benannten Verbandes (s.S.30).

1904 gab NIEHANS als erster die Methode der gedeckten oder perkutan genannten Bohrdrahtfixation an. Sie wird heute oft und mit Erfolg durchgeführt (HECKER 1957,

J. BÖHLER 1959, HECKER 1966, KROENER 1970, SCHLAG u. HABLE 1971 u.a.) und muß von der offenen Reposition und Fixation unterschieden werden, die besonders von WITT (1955) und BANDI (1969) bevorzugt wird.

B. 2. Ätiologie

=====

a) Zur Entstehung der Fraktur

Dem Begriff der Extensions- und Flexionsfraktur (KOCHER, 1896) lag folgendes Experiment zugrunde:

In beiden Fällen fixiert man das untere Humerusende, um dann den Arm nach hinten oder vorne zu biegen, wie wenn man am Lebenden im Ellbogen eine Hyperextension oder Hyperflexion ausführen würde. Die Extensionsfrakturen weisen hierbei eine Bruchfläche auf, die von vorn unten nach hinten oben verläuft. Die Flexionsfrakturen dagegen besitzen eine Bruchfläche, die sich von hinten unten nach vorn oben erstreckt (Abb. 5 u. 6).

BLOUNT (1957) vertritt noch wie KOCHER die Ansicht, daß durch Hyperextension bzw. Hyperflexion im Ellbogen die entsprechende suprakondyläre Fraktur hervorgerufen wird. LUBINUS (1924) und GROB (1957) äußern zu dieser Therapie ihre Bedenken. GROB fiel auf, daß die "Extensionsfrakturen" oft auf die Weise zustandekamen, daß sich der Vorderarm beim Stürzen auf die Hand häufig in Flexionsstellung befand. Somit mußte eine Hyperextension als Ursache der Fraktur ausgeschlossen werden. Eine überzeugende Erklärung für die Ätiologie suprakondylärer Humerusfrakturen finden wir bei BAUMANN (1965) in seiner "Speziellen Frakturen- und Luxationslehre". BAUMANN ist der Ansicht, daß die von KOCHER auf experimentellem Wege erzeugten Brüche dem wirklichen Unfallhergang nur in wenigen Fällen entsprechen. Er sieht die Ursache der Frakturen vor allem in einem Schub oder einer Abscherung, wobei zwei ent-

gegengesetzte einander parallele Kräfte, die sich nicht genau gegenüberstehen, einen Bruch verursachen, der parallel zu ihnen verläuft (Abb. 1).

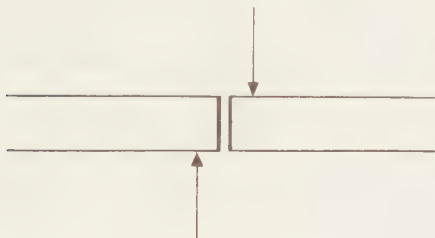


Abb. 1 Bruch durch Schub oder Abscherung
(nach BAUMANN)

Nach BAUMANN betrifft diese Art der Bruchentstehung diejenigen Kinder, die mit gebeugtem Ellbogen entweder aus dem Lauf heraus auf die vorgestreckte Hand oder rücklings auf den Ellbogen stürzen. Trotzdem werden die Brüche, die mit gebeugtem Ellbogen aus dem Lauf heraus auf die vorgestreckte Hand erfolgen, auch heute noch wegen ihres identischen Aussehens mit den Kocher'schen Hyperextensionsfrakturen fälschlicherweise "Extensionsfrakturen" genannt. Entsprechend verwendet man bei den durch Sturz rücklings auf den Ellbogen entstandenen Brüchen die Bezeichnung "Flexionsfrakturen".

Bei der "Extensionsfraktur" entsprechen die beiden parallelen, etwas versetzten Gegenkräfte einerseits der Energie¹, die sich aus der beschleunigten vorgestreckten Hand berechnet, andererseits dem Widerstand, den der Boden der ausgestreckten Hand entgegensetzt. Dabei läßt sich die im Gegensatz zu Abb. 1 auftretende schräge von vorn unten nach hinten oben verlaufende Bruchfläche durch den Eintritt einer Biegungskomponente erklären (Abb. 2). Bei der wesentlich selteneren

Anmerkungen = $\frac{1}{2} m v^2$
 zu 1 = E = Energie
 m = Masse

"Flexionsfraktur" finden wir ebenfalls zwei parallele, nicht genau gegenüberstehende, Gegenkräfte vor. Die eine Kraft entspricht dem rücklings stürzenden Ellbogen, die andere dem Widerstand, den der Boden dem Ellbogen entgegensetzt. Die Angriffsrichtungen der einwirkenden Kräfte sind bei der "Flexionsfraktur" im Vergleich zur "Extensionsfraktur" umgekehrt. Dies drückt sich als Ergebnis im Verlauf der sich von hinten unten nach vorn oben erstreckenden Bruchfläche aus (Abb. 3).

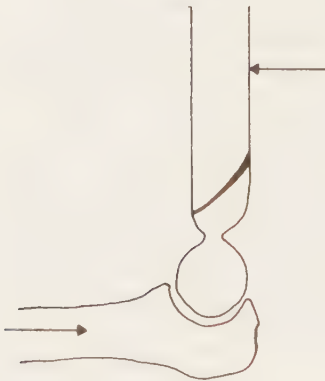


Abb. 2
Fractura supracondylica
durch Schubkraft.
Sturz auf Hand vorwärts
(nach BAUMANN)
Die Pfeile deuten die
Richtungen der einwirkenden
Kräfte an.

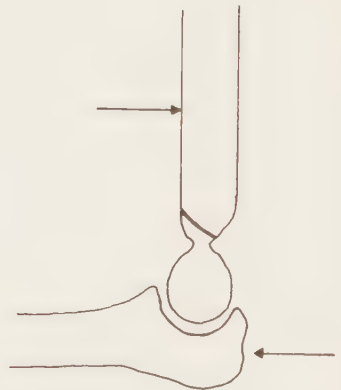


Abb. 3
Fractura supracondylica
durch Schubkraft.
Sturz rücklings auf Ellbogen
(nach BAUMANN)
Die Pfeile deuten die
Richtungen der einwirkenden
Kräfte an.

Ein reiner Biegebungsbruch zeigt normalerweise auf der Konkavseite die Aussprengung eines Biegebungskeiles. Sekundärspannungen bewirken diesen Vorgang (Abb. 4)

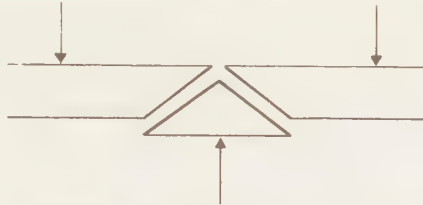


Abb. 4 Biegebungsbruch. Aussprengung des Biegebungskeiles auf der Konkavseite (nach BAUMANN)

Im Kocher'schen Experiment hingegen finden wir nur eine schräge Bruchfläche vor, da wegen der vorhandenen Gelenkspalte keine Sekundärspannungen auftreten, die einen Biegebungskeil verursachen könnten (Abb. 5. u. 6.). Die Kocher'schen Hyperextensions- und Hyperflexionsfrakturen stellen, wie bereits erwähnt, als Unfallfolge eine Ausnahme dar (BAUMANN).

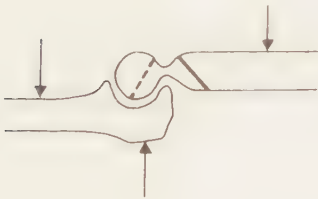


Abb.5

Hyperextensionsfraktur im unteren Ende des Humerus. Distaler Teil des Biegebungskeiles fehlt, wie bei Abb. 6 (nach BAUMANN)



Abb.6

Hyperflexionsfraktur (nach BAUMANN)

b) Zur Häufigkeit der Frakturen

LUBINUS (1924), W. TEUTSCH u. H. SCHMIDT (1967) und V. HOFMANN (1968) beschäftigen sich mit der Frage, warum gerade suprakondyläre Humerusfrakturen beim Kind häufiger als beim Erwachsenen auftreten. Sie führen diese Tatsache vor allem darauf zurück, daß sich die Gelenkkapsel gegenüber dem relativ weichen Knochen durch enorme Festigkeit auszeichne.

W. TEUTSCH u. H. SCHMIDT geben als weitere Ursache den Querschnitt des Humerus an der Bruchstelle an; der Querschnitt sei an dieser Stelle am kleinsten und deshalb am meisten gefährdet.

Dieser Auffassung widersprach bereits LUBINUS 1924. Er hatte planimetrische Messungen an Kindern im Alter zwischen 7 und 8 Jahren vorgenommen. Die Untersuchung zeigte, daß die Querschnittsgröße an der Bruchstelle wesentlich größer ist als oberhalb. Zudem betonte LUBINUS, daß die Querschnittsgröße über die Festigkeit eines Knochens keinen absoluten Aufschluß geben kann. Beweiskräftig erscheint keine der oben angeführten Theorien.

c) Zur Seitenverteilung der Frakturen

Das deutliche Überwiegen der linksseitigen Verletzungen gegenüber den rechtsseitigen wird von zahlreichen Autoren bestätigt (HECKER, LUBINUS, MAY, WELLER, V. HOFMANN, SCHLAG u. HABLE, SCHWENCKE u.a.). Die Ursache für die Bevorzugung der linken Seite sieht Baumann in der unterschiedlichen Verwendung beider Arme. "Der rechte Arm wird mehr zum Angriff auf Arbeit und Feind, der linke vor allem zum Schutz beim Stürzen und als Schild benützt" (BAUMANN Abb. 7). HECKER und DAUM geben eine dem Sinne nach ähnliche Erklärung.



Abb. 7

Das Kind stürzt auf den zum Schutz vorgehaltenen "Schildarm", der "Schwertarm" hielt die Waffe.
(nach BAUMANN)

3. Klinische Diagnostik

W. SCHINK (1968) bezeichnet die Diagnose der supra-kondylären Humerusfraktur als einfach, da bereits die veränderte Gelenkkontur eine schwere gelenknahe Verletzung vermuten läßt. Nach GROB (1957) jedoch bildet sich bei der Fractura supracondylica rasch ein größeres Hämatom, das alle Gelenkkonturen verwischt. Sowohl die veränderte Gelenkkontur, als auch das Hämatom können wertvolle Hinweise in der klinischen Untersuchung liefern, aber sie müssen nicht in allen Fällen auftreten. BAUMANN (1965) betont, daß selbst bei leidlich erhaltener Form eine schwere Verletzung nicht ausgeschlossen werden kann. Dies gelte besonders für das Kleinkind mit seiner rundlichen Armform. Auch KUSS u. HENNRICH verweisen darauf, daß ein negativer klinischer Befund gerade im Kindesalter keineswegs eine Fraktur ausschließt und deshalb jedes Kind mit einer Verletzung im Ellbogenbereich sowieso der Röntgenuntersuchung zugeführt werden muß.

Nach einer ersten Inspektion der Ellbogengegend, die immer im Vergleich mit dem gesunden Ellbogen durchgeführt werden soll, ist die Untersuchung der Blutzirkulation eine vordringliche Aufgabe. Man prüft nach SCHINK zur Feststellung von Qualitätsunterschieden beiderseits den Radialispuls und durch Abbiegen der Fingernägel die kapillare Durchblutung.

Ein fehlender Radialispuls gilt als Alarmzeichen und Hinweis auf die Gefahr einer Volkmann'schen ischämischen Muskelkontraktur. Weitere Hinweise auf die Gefahr einer ischämischen Kontraktur sind eine offene Fraktur, eine erhebliche Blutung, ein der Perforation nahes

Vorstehen eines Humerusfragmentes in der Ellenbeuge, eine Schwellung, die auf einen bedeutenden geschlossenen Bluterguß hinweist, Blässe und Schwellung von Arm und Hand, umschriebene blasse Bezirke auf der Beugeseite des Vorderarmes, gelegentlich frühzeitige Blasenbildung in einem solchen Bezirk, Hypaesthesien oder Paraesthesien im Fingerbereich, Schmerz bei passiver Streckung der Finger, dauernder "akraler" Schmerz (BAUMANN u. SCHINK).

Eine Sensibilitätsprüfung sollte durchgeführt werden. Für die Prüfung der Motilität empfiehlt SCHINK, daß das Kind bei dorsalflektierter Hand versuchen soll, das Daumenendglied mit den Endgliedern der vier dreigliedrigen Finger in Berührung zu bringen. Gelingt dies, so liegt mit Sicherheit keine Lähmung vor. Die Protokollierung der primären Unfallfolgen geschieht im Interesse des Patienten und des Arztes.

Zur Differentialdiagnose gegen Luxation und Luxationsfraktur gibt BAUMANN den Hinweis, daß die Fractura supracondylica charakteristisch für Kinder ist. Die Luxation und der Mehrstückbruch (Y- u. T - Bruch) hingegen seien beim Erwachsenen häufiger und als Äquivalente der suprakondylären Humerusfraktur zu betrachten. Die Beachtung des Hueter'schen Dreiecks mit seinen drei Merkpunkten, nämlich den beiden Epikondylen und der Olekranonspitze, kann hier gute diagnostische Hinweise geben. Bei Verschiebung der Symmetrie der Merkpunkte lassen sich Luxationen leicht ausschließen (Abb. 8).

Die "Klassischen" Frakturzeichen (Krepitation und falsche Beweglichkeit) sind nach Ansicht von BAUMANN, KUSS u. HENNRICH heute überflüssig. Werden sie

dennoch herangezogen, so ist wegen der großen Schmerzhaftigkeit eine Narkose nötig. Unter Umständen kann die Auslösung dieser Frakturzeichen sekundäre Gefäß- u. Nervenschäden hervorrufen.

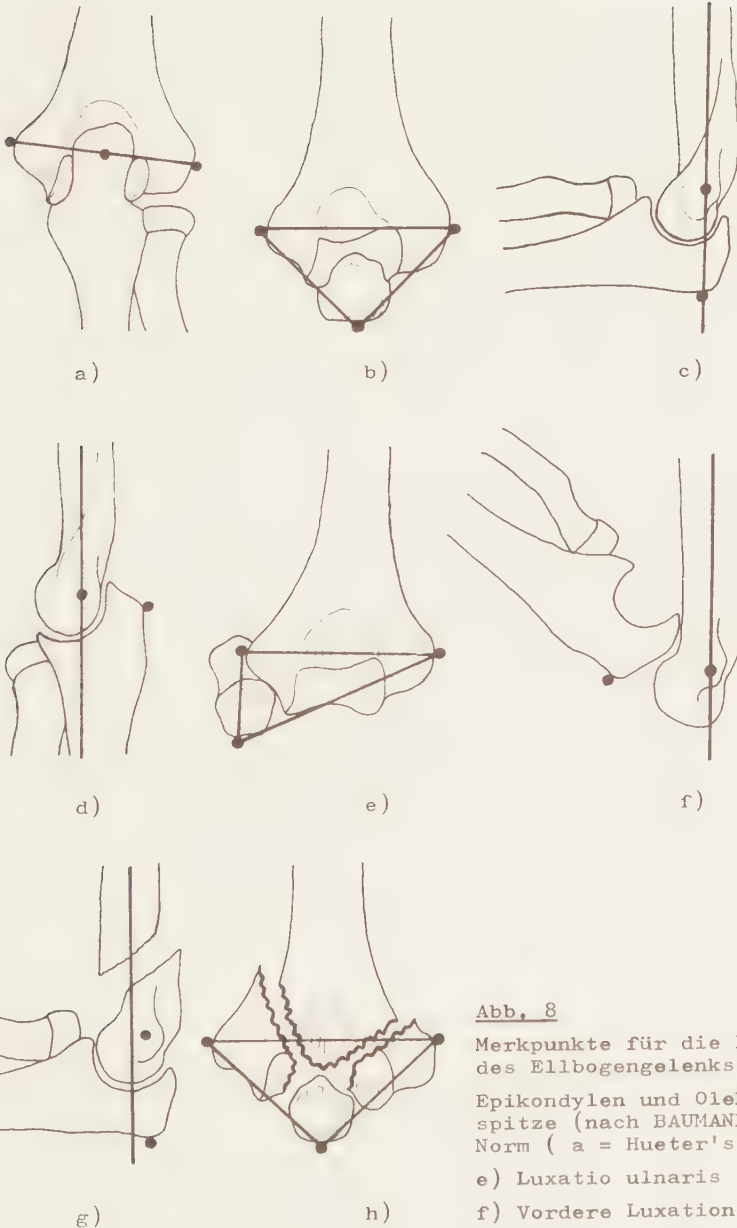


Abb. 8

Merkmale für die Palpation
des Ellbogengelenks:

Epikondylen und Olekranon-
spitze (nach BAUMANN a - d)
Norm (a = Hueter'sche Linie)

e) Luxatio ulnaris

f) Vordere Luxation

g) Fractura supracondylarica

h) Y - Bruch

4. Röntgenologische Diagnostik

=====

a) Technik der Röntgenuntersuchung

Der klinischen Untersuchung des verletzten Ellbogens schließt sich grundsätzlich eine Röntgenuntersuchung an (KUSS u. HENNRICH). Der Röntgenfilm muß groß genug sein, damit nicht eventuelle Begleitverletzungen übersehen werden (BAUMANN u. SCHINK).

Die anteroposteriore Übersichtsaufnahme soll so erfolgen, daß Ober- und Unterarm im gleichen Neigungswinkel zur Kassette stehen, da nach Verletzungen der Arm meistens nicht gestreckt werden kann (Abb. 9 a). Um eine seitliche Übersichtsaufnahme anzufertigen, muß der im Ellbogen gebeugte Ober- und Unterarm völlig auf der Kassette aufliegen (Abb. 9 b).

Zur Aufnahme speziell des distalen Humerus eignet sich nach BAUMANN folgende Technik:

"Der Oberarm liegt auf der Kassette und der Unterarm wird bei Bedarf abgestützt. Beide Epikondylen stehen vom Film gleich weit ab. Der Zentralstrahl trifft die Mitte des Humerusendes und verläuft senkrecht zur Filmebene" (Abb. 9 c).

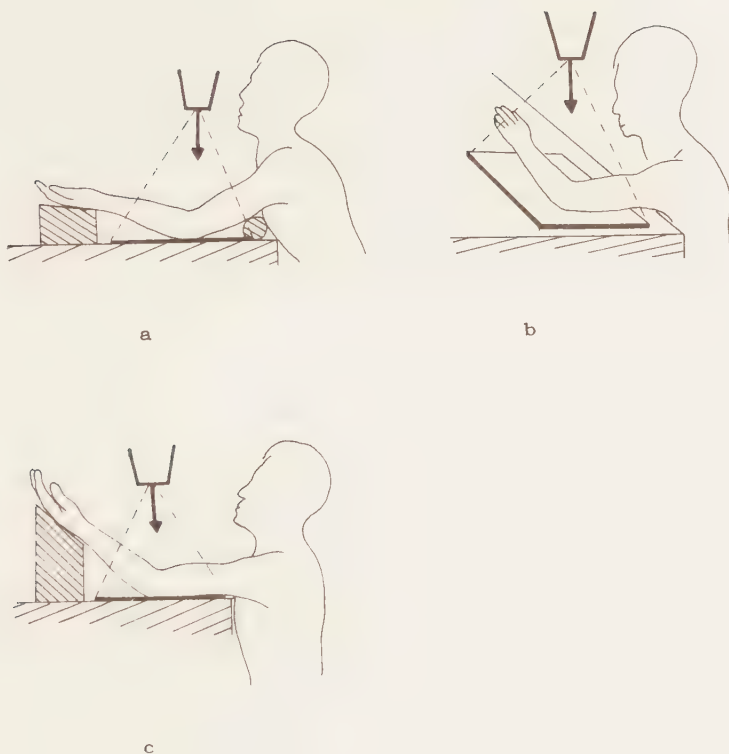


Abb. 9

Die typischen Röntgenaufnahmen (nach BAUMANN)

- a) A.-p.-Übersicht bei Streckbehinderung
- b) Seitliche Aufnahme
- c) A.-p. Einstellung für unteres Ende des Humerus

b) Beurteilung der Aufnahmen

Frakturen mit Dislokationen stellen sich im allgemeinen röntgenologisch gut dar. Jedoch bereitet dem ungeübten Betrachter das altersbedingte Auftreten von Knochenkernen (Abb. 10) Schwierigkeiten in der Beurteilung des Röntgenbildes. Nach BAUMANN werden "Epiphysenlinien" des Humerus nicht selten mit Frakturen verwechselt. Deshalb empfehlen L. BÖHLER, MORGER u. BAUMANN bei eventuellen Unklarheiten, eine Vergleichsaufnahme von der gesunden Seite anfertigen zu lassen.

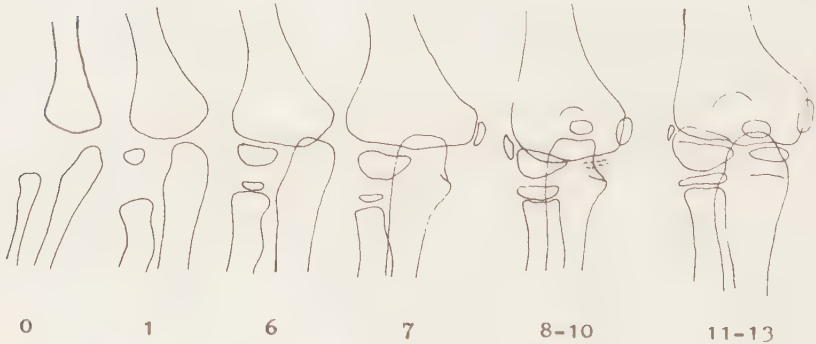


Abb. 10

Auftreten und Entwicklung der Knochenkern in den Gelenken beim Kinde nach Altersjahren.

(nach BAUMANN)

Für die Beurteilung der Achsenstellung des distalen Bruchstückes erweist sich die von BAUMANN erstmals beschriebene "Orientierungsgerade" als große Hilfe, da sie den Betrachter vor optischen Täuschungen bewahrt (Abb. 11). Um den Verlauf der "Orientierungsgerade" festlegen zu können, ist es zunächst notwendig, die Epiphysenplatte zwischen Metaphyse und Capitulum humeri zu betrachten. Sie projiziert sich auf dem anteroposterior aufgenommenen Röntgenbild als "Epiphysenlinie". Legt man durch diese "Epiphysenlinie" eine Gerade, so erhält man die Orientierungsgerade O, die die Humerusachse a im Winkel α schneidet.

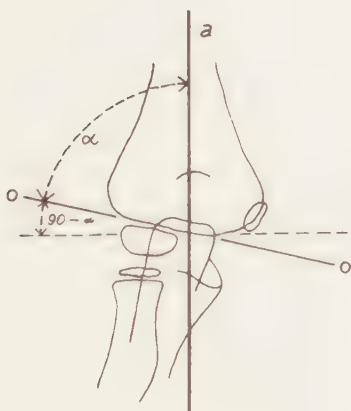


Abb. 11

Die Orientierungsgerade O (nach BAUMANN)

O = Orientierungsgerade

a = Humerusachse

Der Winkel ist normalerweise bei Knaben ungefähr 15 Grad, bei Mädchen ungefähr 20 Grad kleiner als 90 Grad. Wenn man den Differenz- oder Abweichungswinkel $90 - \angle$ mit dem Arm- oder Kubitalwinkel - man versteht darunter die physiologische Valgusstellung des Vorderarmes in Supination - des betreffenden Armes vergleicht, so wird der direkte Bezug dieser beiden Winkel deutlich. In allen Fällen ist der Differenz- oder Abweichungswinkel $90 - \angle$ um 5 Grad größer als der Arm- oder Kubitalwinkel. Wegen dieser Regelmäßigkeit hat BAUMANN den Winkel $\angle$ als ein zuverlässiges Kriterium für die Beurteilung der Achsenstellung des distalen Bruchstückes herangezogen. Um eine genauere Beurteilung der Achsenstellung des distalen Bruchstückes zu erhalten, empfiehlt es sich, nicht nur den Winkel $\angle$ des frakturierten Humerus zu betrachten, sondern auch den Winkel $\angle$ des gesunden Humerus zum Vergleich heranzuziehen. Kleine Unterschiede in der Größe des Winkels $\angle$ zwischen rechtem und linkem Arm sind physiologisch.

Die Beurteilung der Achsenknickung in der Sagittalebene geschieht anhand des Humerus-Trochlea-Winkels (Abb. 12) im seitlichen Röntgenbild.

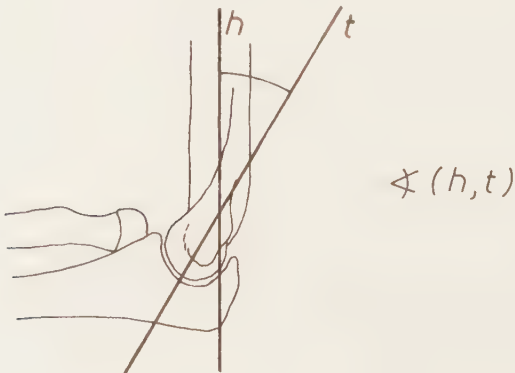


Abb. 12

(h , t) = Humerus-Trochlea-Winkel

Die Angaben über die Größe dieses Winkels schwanken erheblich, und zwar zwischen 25 und 50 Grad (KATZMANN, EGYED, V. HOFMANN, SATTER, SCHLAG u. HABLE). Ein Vergleich des Humerus-Trochlea-Winkels mit der Gegenseite zeigt am deutlichsten, ob es sich um einen pathologischen Winkel handelt oder nicht.

c) Einteilung der Frakturen in Schweregrade

BAUMANN, LUBINUS, FELSENREICH u. HOLMBERG teilen die suprakondylären Humerusfrakturen in Schweregrade ein. Am sinnvollsten erscheint die Einteilung von BAUMANN. SCHINK, HIRSCH, MUSCHTER u. SCHOLZ, SCHLAG u. HABLE verwenden sie ebenfalls. Sie lautet:

I

Fissuren oder Frakturen ohne bedeutende Verschiebung, die keine oder geringe geschlossene Einrichtungsmaßnahmen erfordern (Abb. 13).

II

Verschiebungen bis zu Schaftbreite mit Achsenabweichungen, Verdrehungen, Verkürzung. Bruchstücke in der Regel im gegenseitigen Kontakt (Abb. 14).

III

Große Verschiebungen mit völligem Verlust des Kontaktes der Bruchstücke (Abb. 15).

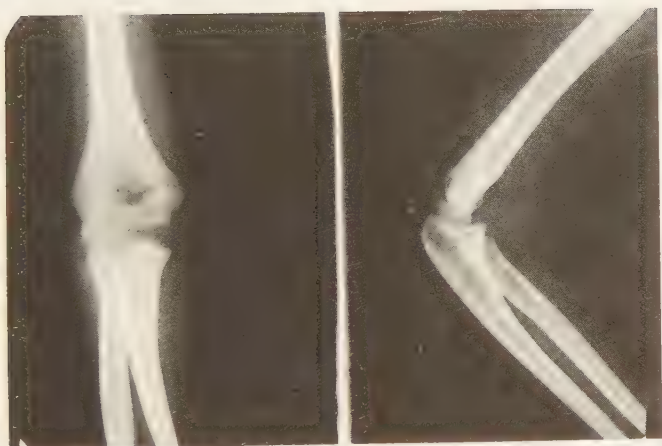


Abb. 13 Typ I nach BAUMANN

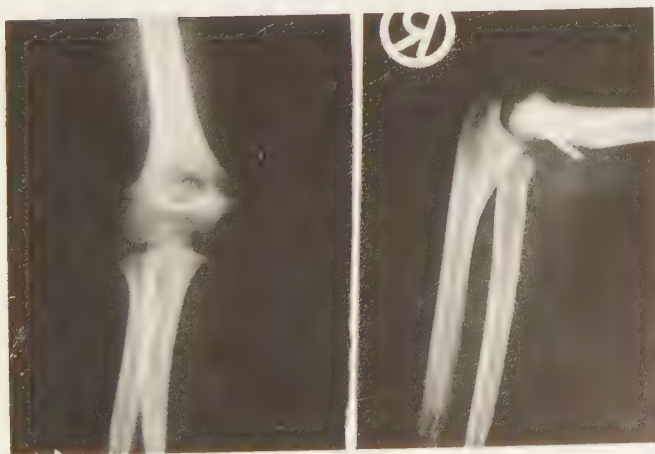


Abb. 14 Typ II nach BAUMANN

Abb. 15 Typ III nach BAUMANN



5. Therapieoptionen

=====

Die Behandlungsmethoden der suprakondylären Humerusfraktur sind zahlreich. Man unterscheidet nach TEUTSCH u. SCHMIDT (1967) eine konservative, halb-konservative und operative Behandlung.

Diese Einteilung übernahmen SATTER, SCHULTE, DÖRR, BAY, BULLE, BARZ und HARTMANN.

I. KONSERVATIVE BEHANDLUNG

1. Gipsverband
2. BLOUNT'scher Verband
3. Abduktions- und Extensionsschiene nach KAMPRATH

ad 1 (Gipsverband)

Die Art des Vorgehens richtet sich nach dem Schweregrad der Fraktur. Handelt es sich um eine dislozierte Fraktur, so ist eine sofortige Reposition der Fragmente in Narkose durchzuführen (MORGER, SCHUBERT u. FORBERGER u.a.). Die Reposition findet nach L. BÖHLER, JAHNA, SCHWENCKE u. a. in Rückenlage auf dem Operationstisch statt. Weist der Patient die äußerst seltene Flexionsfraktur (s.S.6) auf, so werden nach MORGER die Fragmentenden durch Längszug am gestreckten Vorderarm und durch nachfolgende Korrektur der Seitenverschiebung

aufeinandergestellt. Dann folgt die Verkeilung der Fraktur. Dies erreicht man durch Vorwärtsschieben des proximalen und durch Zurückschieben des distalen Fragmentes. Anschließend wird die Fraktureinrichtung durch Bildwandler - Fernsehkontrolle überprüft. Die Ruhigstellung der Flexionsfrakturen erfolgt nach L. BÖHLER im gespaltenen Oberarm - Vorderarm - Gips bei gestrecktem Ellbogen. Der Gips reicht von den Zwischenfingerfalten bis zur Schulter.

Die Reposition der häufigen Extensionsfraktur (s. S. 6) teilt MORGER in 3 Phasen ein. In der ersten Phase der Reposition führt man einen kontinuierlichen Längszug in Supinationsstellung durch, ohne dabei Gewalt anzuwenden. Hierbei übt ein Assistent durch Umfassen des Oberarmes in der Axilla einen Gegenzug aus. Durch diesen Längs- und Gegenzug wird die Verkürzung und Verdrehung ausgeglichen, was unter Bildwandler - Fernsehkontrolle sichtbar wird. Die zweite Phase besteht in der eigentlichen Reposition. Der Arzt drückt mit dem Daumen gegen die hintere Fläche des distalen Fragmentes. Dann werden durch eine Hyperextensionsbewegung die beiden Fragmentenden aufeinandergestellt. Die dritte Phase betrifft die Fixationsstellung. Man erreicht sie durch langsame, maximale Flexion des Ellbogens. Nochmalige Bildwandler - Fernsehkontrolle ist notwendig. Jetzt kann ein Gipsverband angelegt werden.

Der Gipsverband kann aus einer dorsalen Gipsschiene, einer dorsalen und volaren Gipsschiene, einem gespaltenen Oberarm - Vorderarm - Gips oder aus einem Thorax - Arm - Gips bestehen.

Die dorsale Gipsschiene oder der gespaltene Oberarm - Vorderarm - Gips ist nach BARZ u. HARTMANN (1973) bei nicht oder kaum verschobenen supra-kondylären Humerusfrakturen das Therapieverfahren der Wahl. L. BÖHLER empfiehlt bei Brüchen ohne Verschiebung ausschließlich den gespaltenen, von den Zwischenfingerfalten bis zur Schulter reichenden, Oberarm - Vorderarm - Gips. Die Ruhigstellung der Extensionsfrakturen erfolgt immer bei rechtwinkelig gebeugtem Ellbogen und bei mittlerer Drehstellung des Vorderarmes.

HIRSCH (1971) dagegen wendet bei allen Frakturtypen nach BAUMANN den Thorax - Arm - Gips an. Der Oberarm - Vorderarm - Gips sei bei Frakturen des II. u. III. Schweregrades als Fixationsmethode völlig unbrauchbar, vor allem bei rechtwinkelig gebeugtem Unterarm. Deshalb stelle er sämtliche Thorax - Arm - Gipse bei ca. 70 Grad im Ellbogengelenk ein. L. BÖHLER, JAHNA u. POIGENFÜRST warnen jedoch gerade eindringlich vor jeder Spitzwinkelstellung des Ellbogens, da sie die Gefahr der ischämischen Muskelkontraktur vergrößert. JAHNA u. POIGENFÜRST weisen diese Tatsache eindeutig anhand rheographischer Untersuchungen bei verletzten und unverletzten Versuchspersonen nach. Andererseits ist es erwiesen, daß sich die Retention der Fragmente einer stark verschobenen Extensionsfraktur umso schwieriger gestaltet, je größer man den Ruhigstellungswinkel des Ellbogens wählt. Aus diesem Grund führte L. BÖHLER seit 1959 bei stark verschobenen suprakondylären Humerusfrakturen die Ruhigstellung mit gekreuzten Bohrdrähten nach JÖRG BÖHLER durch.

Beim Anlegen des Gipsverbandes ist neben der Rechtwinkelstellung im Ellbogen besonders auf das Spalten

des Gipsverbandes zu achten. "Der Gipsverband muß sofort, noch vor dem Verlassen des Gipszimmers, über der eingelegten Hanfschnur oder einer Gummirinne in seiner ganzen Länge bis auf den letzten Faden gespalten werden" (L. BÖHLER). Die Gummischiene soll dabei genau durch die Mitte der Ellenbeuge führen (JAHNA, POIGENFÜRST). Die Aufbiegung des Gipsverbandes geschieht durch einen Gipsspreizer.

Aufmerksamkeit soll auch der Vorderarmstellung geschenkt werden. Eine Supination des Vorderarmes bringt mit Sicherheit eine Varusstellung des Vorderarmes mit sich, da die laterale Seite des distalen Bruchstückes tiefer tritt, die mediale dagegen höher. BAUMANN nennt als weiteren Grund des Cubitus varus die Drehverschiebung des distalen Bruchstückes. Dabei rotiert der Humerus nach außen und das distale Bruchstück nach innen. Um dies zu vermeiden, empfehlen BAUMANN, KEY u. CONWELL den eingerichteten Arm vor der Lagerung auf der Thoraxschiene auf keinen Fall einwärts zu drehen.

Die Dauer der Ruhigstellung im Oberarm - Vorderarm - Gips beträgt nach BOETTCHER u. a. zwischen 3 und 5 Wochen. Sollte eine nochmalige Reposition erforderlich sein, so erhöht sich die Dauer der Immobilisation.

Die dorsale Gipsschiene und der gespaltene Oberarm - Vorderarm - Gips kann nach mehreren Tagen in einen geschlossenen Oberarm - Vorderarm - Gips umgewandelt werden. Zwischenzeitlich wird eine Röntgenkontrolle und klinische Untersuchung durchgeführt. Es ist außerordentlich wichtig, die Eltern auf die Gefahren einer zunehmenden Schwellung im Frakturbereich hinzuweisen, damit das Kind bei Auftreten von Schmerzen unverzüglich in die Klinik kommt. "Die Kontrollen und das Aufbiegen müssen solange fortgesetzt werden, bis sicher keine

Spur einer Durchblutungsstörung mehr besteht" (JAHNA u. POIGENFÜRST).

In einigen Fällen hat sich in unserer Klinik bei der Reposition und anschließender Ruhigstellung folgendes Verfahren bewährt, das auch KROENER in ähnlicher Weise angegeben hat.

Das Kind liegt narkotisiert in Bauchlage auf dem Operationstisch. Der frakturierte Humerus wird so gelagert, daß er im Schultergelenk eine Abduktion von 90 Grad aufweist. Der um 90 Grad im Ellbogengelenk gebeugte Unterarm hängt dabei senkrecht nach unten (Abb. 16), beschwert mit einem Gewicht von — je nach Alter — ca. 1 - 3 kg.



Abb. 16 Lagerung des verletzten Armes zur Reposition der suprakondylären Humerusfraktur, nach KROENER (Foto: D. KROENER, Chirurg 41, 168 1970)

Es kann so zu einer Spontanreposition kommen. Gelingt dieses Vorgehen, dann wird das Kind in unveränderter Haltung belassen, um entweder den Gipsverband anzulegen oder die gedeckte Bohrdrahtosteosynthese durchzuführen. Mißlingt jedoch eine Spontanreposition, reponieren wir nach oben angegebener Methode, fixieren durch Bohrdrähte, oder wenden — selten — die offene Reposition an.

Der Gipsverband bestand früher meistens aus einer dorsalen Gipsschiene. Nach ca. 4 Tagen wurde die Schiene zu einem zirkulären Verband ergänzt. Die Dauer der Immobilisation betrug zwischen 3 und 4 Wochen.

Heute verwenden wir eine dorsale und volare Gips-schiene, bzw. einen gespaltenen Gips. Nach 5 Tagen folgt die Ergänzung zu einem zirkulären Oberarm - Vorderarm - Gips. Die Ruhigstellungszeit beträgt zu-meist mindestens 5 Wochen.

ad 2 (BLOUNT'scher Verband)

Zahlreiche Autoren wenden bei der suprakondylären Humerusfraktur den Verband nach BLOUNT an (v. OERTZEN u. MARWEGE, MUSCHTER u. SCHOLZ, MORKOS, BAY u. BULLE und SATTER u. a.).

Nach sofortiger und sorgfältiger Reposition wird das Ellbogengelenk in Spitzwinkelstellung durch eine Hals-Handgelenkschlinge (collar and cuff) fixiert. Der Winkel im Ellbogengelenk beträgt nach BAY u. BULL 50 - 60 Grad (Abb. 17).

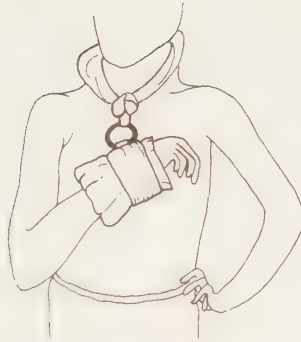


Abb. 17 Fixation des in 50 - 60 Grad gebeugten
Ellbogens durch Hals-Handgelenkschlinge
(nach BAY u. BULLE)

Das Kind sollte laut BLOUNT die ersten 24 Stunden in der Klinik verbringen, damit eine Überwachung der Blutzirkulation gewährleistet ist. Tritt eine Zirkulationsstörung ein, so vermindert BLOUNT sofort die Beugung des Ellbogens um 20 - 25 Grad. Bessert sich daraufhin die Blutzirkulation nicht, wendet BLOUNT die DUNLOP'sche Extensionsmethode, modifiziert nach ALLEN und GRAMSE an (Abb. 18).

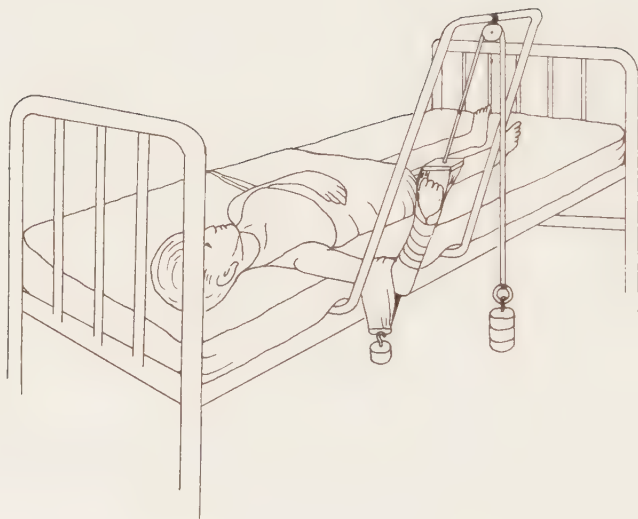


Abb. 18 DUNLOP'sche Extension, modifiziert nach ALLEN und GRAMSE (aus "Knochenbrüche bei Kindern" von W.P. BLOUNT, Stuttgart 1957)

Sinn der DUNLOP'schen Extensionsmethode ist es, daß der Ellbogen in einer Beugestellung von 110 - 120 Grad extendiert wird, um auf diese Weise sowohl die Blutzirkulation als auch die reponierte Frakturstellung zu sichern. Wenn sich unter diesen konservativen Maßnahmen die Symptome einer beginnenden Ischämie nicht bessern, muß nach BLOUNT unverzüglich die Fossa cubiti eröffnet werden. Dabei wird die Faszie der Beugemuskeln des Vorderarmes gespalten, damit ein vorhandenes Hämatom ungehindert abfließen kann. Dann wird die Arteria brachialis freigelegt, um ihren Zustand zu überprüfen. Nach BLOUNT, BAUMANN u. a. sollte eine verletzte Brachialarterie immer reseziert werden, damit sich der Spasmus der Arteria brachialis und ihrer Äste — als Ursache des Spasmus wird der reflektorische Reizzustand des periarteriellen Sympathikus angesehen — lösen kann.

Nach BÜRKLE DE LA CAMP reicht bereits eine Blut-sperre von 2 Stunden aus, um irreversible Gewebe-schäden hervorzurufen.

Die Dauer der Ruhigstellung im BLOUNT'schen Verband beträgt laut Autor 3 Wochen. Abschließend empfiehlt BLOUNT, den Ellbogen 1 - 2 Wochen lang rechtwinkelig in einer Schlinge zu tragen.

BAY u. BULLE und SATTER u. a. nennen folgende Vorteile des BLOUNT'schen Verbandes:

1. Die Handhabung sei einfach
2. Die Ruhigstellung ohne Gipsverband erlaube jederzeit die Kontrolle der Durchblutung und der Innervation des verletzten Armes
3. Durch die spitzwinkelige Beugstellung werde ein Abgleiten der Fragmente verhindert

Nach SATTER u. a. (1971) soll es keine Nachteile der BLOUNT'schen Fixationsmethode geben. Hierzu stehen JAHNA u. POIGENFÜRST im Gegensatz. Ihre rheographischen Untersuchungen ergaben, wie schon erwähnt, eindeutig, daß eine spitzwinkelige Beugung im Ellbogengelenk die Blutzirkulation des Vorderarmes negativ beeinflußt und somit die Gefahr der ischämischen Muskelkontraktur erhöht.

ad 3 (KAMPRATH - Schiene)

Auf einer Rechtwinkelschiene befindet sich in der Ellenbeuge ein Hypomochlion, das aus einem kurzen Stück einer aufmontierten Kramerschiene besteht, die rundum gepolstert ist. Ein Heftpflasterzug am Vorderarm extendiert den Ellbogen, um die Stellung der reponierten Fraktur aufrecht zu erhalten.

SATTER, SCHULTE u. DÖRR nennen folgende Nachteile der KAMPRATH-Schiene: die Gefahr von Drucknekrosen durch das Hypomochlion in der Ellenbeuge, Hautschäden durch Heftpflaster und unbequemes Tragen der Schiene. Demgegenüber betont KAMPRATH, daß sich Druckgeschwüre leicht vermeiden lassen, weil man sich durch Aufbiegen des Hypomochlions jederzeit über den Zustand der Weichteile orientieren kann, um bei eventueller Gefahr den Heftpflasterzug etwas zu verringern.

Die Methode nach KAMPRATH hat sich nicht durchgesetzt. KATZMANN (1965) sieht den Grund hierzu vor allem darin, daß für jedes Kind erneut eine eigene, den Körperabmessungen angepaßte Schiene aus Kramerschiene gebaut werden muß. Die Stabilität der Schiene sei außerdem nicht immer ganz ausreichend.

In der Literatur der letzten Jahre wird die KAMPRATH - Schiene kaum mehr erwähnt.

II. HALBKONSERVATIVE BEHANDLUNG

1. Vertikalextension in stabiler Gleichgewichtslage nach BAUMANN
2. Extensionsbehandlung nach v. EKESPARRE
3. Kombinationsmethode nach JAHNA u. POIGENFÜRST
4. Gedeckte Bohrdrahtosteosynthese nach J. BÖHLER

ad 1 (Vertikalextension nach BAUMANN)

Die Extensionsbehandlung nach BAUMANN hat weite Verbreitung gefunden (BÜRKLE de la CAMP, V. HOFMANN, SPISSAK, KIRNAK, MAJESKY, SCHUBERT u. FORBERGER u.a.). Sie ist gleichermaßen für Extensions- wie für Flexionsfrakturen (s.S. 6) geeignet. Nach der Reposition bohrt man einen Kirschnerdraht 3 - 4 cm distal des Olekranon entfernt durch die Ulna. Der Kirschnerdraht wird über einen langen Bügel durch einen sehr langen Vertikalzug extendiert (Abb. 19). "Kurze Züge sind die Erbsünde bei Verwendung der Vertikalextension" (BAUMANN). Sie gefährden die Stellung der reponierten Fraktur, da sie bei jeder Lageveränderung des Kindes ihre Richtung erheblich ändern. Dies ist bei langen Zügen nicht der Fall. Ein Längszug am rechtwinkelig gebeugten Vorderarm und ein breiter gepolsterter Manschettenzug am Oberarm bewirken einen horizontalen Zug und Gegenzug.

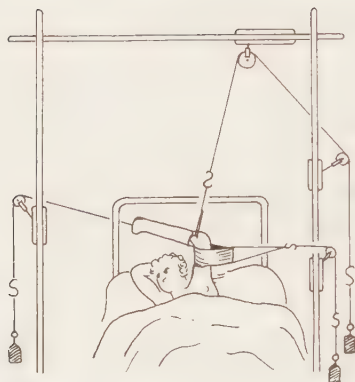


Abb. 19 Die Vertikalextension in stabiler Gleichgewichtslage (nach BAUMANN)

Die Drahtextension nach BAUMANN bedarf der täglichen Überwachung und verbleibt gewöhnlich 3 Wochen am Patienten. Dann ist der Bruch meistens so konsolidiert, daß eine dorsale Gipschiene für weitere 3 Wochen zum Schutz des Armes angelegt werden kann. Nachteile der BAUMANN'schen Methode sind laut SATTER u. a. die lange stationäre Behandlung und die Infektionsgefahr. Nach GÖDEL (1973) waren die funktionellen Ergebnisse der BAUMANN'schen Drahtextension trotz anatomisch guter Frakturstellung wiederholt unbefriedigend. Als Ursache hierfür kommt laut GÖDEL die erhebliche Kapsel- und Weichteilbeanspruchung durch die Extension in Betracht. SPISSAK, KIRNAK u. MAJESKY (1969) nennen folgende Vorteile der BAUMANN'schen Vertikalextension:

"Es muß nicht wiederholt reponiert werden, blutige Repositionen sind fast nie erforderlich; relativ kleine Traumatisation, geringe technische Ansprüche".

ad 2 (Extensionsbehandlung nach v. EKESPARRE)

Das Extensionsverfahren nach v. EKESPARRE wird von F. REHBEIN u. S. HOFMANN, HAGEN, SCHINK, REISMANN u. VITTALI, MORGER u. a. durchgeführt und empfohlen. Es gleicht im Prinzip der BAUMANN'schen Vertikal-extension. Die Besonderheit des Verfahrens nach v. EKESPARRE liegt in der Anwendung pfeilförmiger Extensionsnägel (Abb. 20).

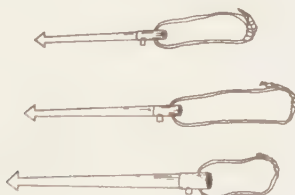


Abb. 20 Extensionsnägel nach v. EKESPARRE.
Hersteller: Medizin. Warenhaus Bremen

Man schlägt nach exakter Reposition (REHBEIN u. S. HOFMANN) einen kurzen Extensionsnagel in die Ulna und einen langen Extensionsnagel in den Humerus. Beide Nägel werden um 90 Grad gedreht, damit die Widerhaken unter der Kortikalis einen festen Halt bekommen. Danach verbindet man die Nägel mit den langen Zügen nach BAUMANN. Die Hand wird laut HAGEN, REISMANN u. VITTALI durch einen mit Mastisol am Unterarm fixierten Trikotschlauch gehalten. Nach 2 - 3wöchiger Extension (HAGEN) entfernt man die EKESPARRE-Nägel durch nochmalige Drehung um 90 Grad. Eine 2 - 3wöchige Ruhigstellung (REISMANN u. VITTALI) mit einer dorsalen Gipsschiene schließt sich der Behandlung an.

Nach REHBEIN, S. HOFMANN u. MORGER garantiert der EKESPARRE-Nagel in der Ulna, daß an dem unteren Bruchfragment ohne seitliche Verkantung gezogen wird. Auch sei der direkte Zug am Humerus wirkungsvoller als eine gepolsterte Schlinge und die Ellbogenregion bleibe übersichtlich frei. Demgegenüber betont BAUMANN, daß er das Rutschen des Kirschner-Drahtes durch Heftpflasterstreifen vom Vorderarm je quer hinüber zum gegenseitigen Bügelnde gut vermeiden konnte. Ein Nagel im Humerus sei kaum nötig. Wichtig sei dagegen, daß der Vorderarm über eine bewegliche Rolle im Gleichgewicht gehalten werde. Eine feste Aufhängung verursache unkontrollierbare Bewegungen in der Fraktur und im Gelenk. Es sei etwas ganz anderes, wenn bei beginnender Konsolidierung aktive Bewegungen, beherrscht durch eine Gleichgewichtslage, ausgeführt werden. Von SATTER u. a. werden als Nachteile der EKESPARRE - Methode dieselben wie bei der BAUMANN'schen Methode genannt, nämlich lange stationäre Behandlung und Infektionsgefahr.

ad 3 (Kombinationsmethode nach JAHNA u. POIGENFÜRST)

Nach sofortiger Reposition wird bei Rechtwinkelstellung des Ellbogens über einen Kirschner-Draht durch die Ulna eine Extension angelegt. Die Belastung beträgt 2 - 3 kg. Die Stellung der reponierten Fraktur wird durch eine dorsale Gipsschiene gesichert, wobei die Ellenbeuge völlig frei sein muß. JAHNA u. POIGENFÜRST verwenden die Kombinationsmethode bei allen stark dislozierten Brüchen. Diese Methode hat allerdings wenig Verbreitung gefunden.

ad 4 (Gedeckte Bohrdrahtosteosynthese nach J. BÖHLER)

In den letzten Jahren wurde immer häufiger auf die Methode der perkutanen Bohrdrahtfixation hingewiesen (HECKER 1957, 1966, 1969; J. BÖHLER 1959, 1963, 1965, 1969; SCHWENCKE 1968; WINKLER 1970; KROENER 1970; SCHLAG u. HABLE 1971; BARZ u. HARTMANN 1973 u. a.). J. BÖHLER geht operationstechnisch so vor, daß er von beiden Epikondylen aus die Bohrdrähte einführt. HECKER wendet heute ebenfalls die gekreuzte Bohrdrahtfixation an (s. S. 41), während er früher in Anlehnung an FORGON oberhalb des Olekranon durch das Gelenk ein oder zwei Kirschnerdrähte einschoß.

Das Einführen der Bohrdrähte erfolgt bei Spitzwinkelstellung des Ellbogens nach vorheriger Reposition. J. BÖHLER weist darauf hin, daß die Epikondylen zunächst abgetastet werden müssen, um hernach die Bohrdrähte genau auf die Epikondylen unter Bildwandler-Fernsehkontrolle einzustechen. Eine Ulnarisschädigung könne bei richtiger Technik leicht vermieden werden. J. BÖHLER betont, daß die Bohrdrähte die Corticalis des Oberarmschaftes durchbohren müssen, damit sie ausreichenden Halt finden. Wachstumsstörungen beim Durchbohren der Epiphysenfuge traten laut SCHLAG und HABLE nicht auf.

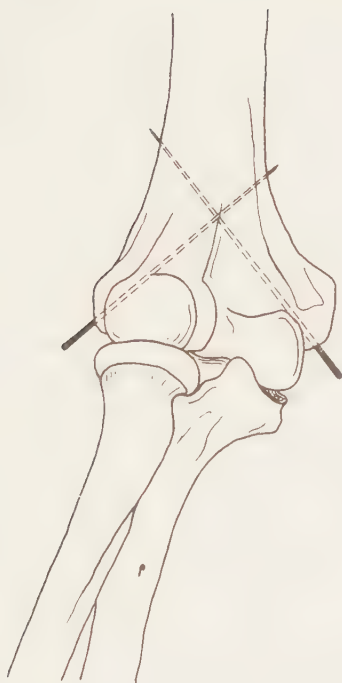
Bei den sehr seltenen Flexionsfrakturen (s. S. 6) schießt man nach der Reposition die Bohrdrähte bei gestrecktem Ellbogengelenk und supiniertem Vorderarm ein (J. BÖHLER, SCHLAG u. HABLE).

Die Vorteile der gedeckten Bohrdrahtosteosynthese liegen nach J. BÖHLER in der kurzen stationären Behandlungsdauer von 2 - 3 Tagen, in der Stabilität der

Fragmente nach der Osteosynthese und im Gegensatz zur offenen Operation im zu vernachlässigenden Infektionsrisiko. Ein weiterer besonderer Vorteil sei, daß unmittelbar nach der Operation kein äußerer ruhigstellender Verband angelegt werden muß, so daß keine Gefahr einer Durchblutungsstörung besteht. J. BÖHLER legt nach 24 Std. einen geschlossenen Oberarm-Vorderarm-Gips für 4 Wochen an. Danach nimmt er den Gips ab und entfernt die Bohrdrähte in Lokalanästhesie.

Unmittelbar postoperativ soll jede Massage und passive Bewegung unterbleiben, da sie die Gefahr von Muskelverknöcherungen heraufbeschwört (BÜRKLE de la CAMP, L. BÖHLER, J. BÖHLER, BLOUNT, GROB, SCHWENCKE, SCHLAG u. HABLE).

Die Dauer der Ruhigstellung im Gipsverband beträgt in unserer Klinik 5 Wochen. Dabei wird die dorsale Gipsschiene nach Abschluß der Wundheilung in einen geschlossenen Oberarm-Vorderarm-Gips umgewandelt. Die Entfernung der Bohrdrähte erfolgt nach 3 Wochen. Dann erhält das Kind für weitere 2 Wochen einen geschlossenen Oberarm-Vorderarm-Gips.



Perkutane Bohrdrahtfixation mit gekreuzten Bohrdrähten

(s. S. 39)

III. OPERATIVE BEHANDLUNG

WITT (1955), BANDI (1969), BOETTCHER (1969), GÜDEL (1973) u.a. verwenden zur Fixierung der offen reponierten Fraktur Kirschnerdrähte. Nach WITT ist die Kirschnerdrahtfixierung in keiner Weise mit der früher verwendeten Drahtumschlingung zu vergleichen, da der Eingriff schonender ist. Operationstechnisch unterscheiden sich oben genannte Autoren insofern, als WITT und BANDI die Bohrdrähte parallel einführen, während BOETTCHER u. GÜDEL die Fraktur durch gekreuzte Bohrdrähte fixieren. WITT ist der Meinung, daß gekreuzte Bohrdrähte nicht notwendig sind und auch keine Vorteile haben. BANDI fordert die parallel eingeführten Bohrdrähte, um den Wachstumsdruck nicht zu blockieren. "Es ist eine Selbstverständlichkeit, daß für diese Eingriffe eine strenge Indikation notwendig ist. Man wird in jedem Falle versuchen, auf konservativem Wege zum Ziel zu kommen. Läßt sich aber eine gute Einstellung auf diese Weise nicht erzielen oder ist diese nicht zu halten, so soll man sich frühzeitig zur operativen Therapie entschließen" (WITT).

Eine absolute Indikation für den operativen Eingriff bei der suprakondylären Humerusfraktur stellt die arterielle Durchblutungsstörung dar (BÜCKLE DE LA CAMP, BLOUNT, BOETTCHER u. a.). Auch die neurologische Störung zählt zu den Operationsindikationen (BANDI, BOETTCHER u. a.). Alle offenen suprakondylären Humerusfrakturen rechnen selbstverständlich ebenfalls zu den Operationsindikationen.

Die Operation wird nach WITT in Blutleere vorgenommen, wobei vom Epicondylus lateralis nach proximal der Hautschnitt gelegt wird. Die Fraktur werde subperiostal

ohne Schwierigkeit freigelegt und könne im gesamten vorderen Humerusabschnitt übersehen werden. Durch Zug stelle sie sich meist sofort ein. Unter Kontrolle des Auges werde ein Kirschnerdraht vom Epicondylus lateralis durch die Fraktur bis durch die gegenseitige Corticalis des proximalen Fragmentes eingebohrt. Sie es gelungen, die Fraktur etwas zu verzahnen, genüge ein Draht. Bei schlechter Fixation werde ein zweiter Draht parallel oder etwas schräger eingebohrt.

WITT bezeichnet die operative Behandlung der kindlichen suprakondylären Humerusfraktur durch Einbohren von Kirschnerdrähten als eine empfehlenswerte Methode. Sie eigne sich bei frischen Frakturen, die nicht einwandfrei reponiert werden können und bei veralteten, mit schlechter funktionsstörender Stellung. Die Ergebnisse seien, was die anatomische Wiederherstellung und vor allem die Funktion anbelangt, durchweg gut. BANDI zieht im Gegensatz zu J. BÖHLER u. a. die offene Einrichtung und Fixation der perkutanen Bohrdrahtosteosynthese vor. Sie gewährleiste besser eine genaue Gelenkrekonstruktion und unterscheide sich hinsichtlich Infektrisiko kaum von der perkutanen Methode.

6. Frühere Nachuntersuchungen
und Behandlungsergebnisse
=====

I. KONSERVATIVE BEHANDLUNG

1. Gipsverband
2. BLOUNT'scher Verband

ad 1 (Gipsverband)

Nachuntersuchungsergebnisse von TEUTSCH u. SCHMIDT
(1967)

In den Jahren 1961 bis 1965 wurden an der Chirurgischen Klinik des Bezirkskrankenhauses Cottbus 60 Kinder bis zum 14. Lebensjahr mit einer suprakondylären Humerusfraktur behandelt. Bei allen Kindern wurde in Rechtwinkelstellung ein Oberarm - Vorderarm - Gips angelegt. 50 Kinder konnten nachuntersucht werden. Der zeitliche Abstand vom Unfalltag bis zum Nachuntersuchungstermin schwankt zwischen 1 Jahr und 6 Jahren. Die Alters- und Geschlechtsverteilung ist aus der Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1 Alters- und Geschlechtsverteilung
(TEUTSCH u. SCHMIDT)

Alter (Jahre)	Jungen	Mädchen	Insgesamt
0 bis 6	10	11	21
6 bis 10	13	6	19
10 bis 14	9	1	10
	32	18	50

Durchschnittsalter 7 1/2 Jahre

In 35 Fällen war der linke, in 15 der rechte Arm verletzt. 17 Kinder zogen sich die Fraktur während des Sportunterrichtes in der Schule zu, die gleiche Anzahl beim Spielen auf Hof oder Straße, die restlichen 16 stürzten vom Baum, aus dem Fenster, vom Balkon oder von einem Fahrzeug.

Bei der Benutzung der Einteilung nach FELSENREICH (s. Tabelle 2) war der Frakturtyp I 8mal, der Typ II 26mal und der Typ III 16mal vertreten.

Tabelle 2 Einteilung der suprakondylären Humerusfraktur nach FELSENREICH

Typ	I:	Frakturen ohne Dislokation oder mit Abknickung nach volar oder dorsal.
Typ	II:	Frakturen mit zusätzlicher Verschiebung in verschiedenen Richtungen.
Typ	III:	Frakturen mit erheblicher Verschiebung und Verlust des Kontaktes zwischen den Fragmenten

Es wurden 6 Flexionsbrüche und 44 Extensionsbrüche behandelt. In den Krankenpapieren der nachuntersuchten Kinder finden sich keine Angaben über unfallbedingte Primärkomplikationen. In 2 Fällen wurde der angelegte Gipsverband nach kurzer Zeit durch einen anderen ersetzt, weil Stauungserscheinungen an der Hand bestanden oder eine Funktionsstörung des N. radialis aufgetreten war.

Die durchschnittliche Verweildauer betrug 13 Tage. 3 Frakturen wurden nicht reponiert, 34 einmal, 9 zwei-

mal, 2 dreimal und 2 viermal. Die poliklinische Nachbehandlung erstreckte sich im Mittel über 5 Wochen.

Bei der Nachuntersuchung befragte man die Kinder bzw. ihre Eltern über Beschwerden oder Funktionsstörungen seitens des verletzten Armes. Anschließend wurden an beiden Armen die maximale Beuge- und Streckfähigkeit, das Ausmaß der Abwinklung in der Frontalebene und die Pro- und Supinationsbreite bestimmt. Dazu wurde die Funktion der 3 Armnerven geprüft. Weitere Messungen wie Oberarmlänge und -umfang sowie Breite des Kondylenmassivs führten zu keinem verwertbaren Ergebnis.

Von 4 Kindern wurden Beschwerden angegeben. 2 von ihnen klagten über Schmerzen bei Anstrengungen, 1 über eine gewisse Kraftlosigkeit im betroffenen Arm und 1 über Wetterfühligkeit.

Zur Bestimmung der Veränderungen von Beuge- und Streckfähigkeit wurde aus den Meßwerten der unverletzten Seite jeweils ein Mittelwert errechnet, der dann mit dem Meßergebnis der verletzten Seite verglichen wurde. Die Abweichungen der individuellen und der durchschnittlichen Meßwerte am verletzten Arm vom Mittelwert des gesunden Armes zeigen die Tabellen 3, 4 und 5.

Tabelle 3

Extensionsfrakturen mit Dislokation in mehreren Ebenen (38 Fälle). (TEUTSCH u. SCHMIDT)

Durchschnittliche Beugefähigkeit

des unverletzten Armes	40°
des verletzten Armes	47°

Durchschnittliche Streckfähigkeit

des unverletzten Armes	177°
des verletzten Armes	178°

Tabelle 4

Veränderung des Bewegungsumfanges des verletzten
Ellenbogengelenks bei Extensionsfrakturen mit Dis-
lokation in mehreren Ebenen (TEUTSCH u. SCHMIDT)

Beugung	Zahl der Fälle	Streckung	Zahl der Fälle
+ 25°	0	+ 25°	1
+ 20°	0	+ 20°	2
+ 15°	0	+ 15°	1
+ 10°	0	+ 10°	2
+ 5°	2	+ 5°	1
0°	12	0°	16
- 5°	11	- 5°	2
- 10°	8	- 10°	4
- 15°	0	- 15°	5
- 20°	3	- 20°	2
- 25°	1	- 25°	1
- 30°	1	- 30°	1
38		38	

+ Bewegungsausmaß vergrößert

- Bewegungsausmaß verringert

Tabelle 5

Beuge- und Streckfähigkeit des verletzten Ellenbogen-
gelenkes bei Extensionsfrakturen mit Dislo-
kation in mehreren Ebenen (TEUTSCH u. SCHMIDT).

	Beugefähigkeit	Streckfähigkeit
1. Gesteigert	2 (um durchschnittlich 5°)	7 (um durchschnittlich 15°)
2. Unverändert	12	16
3. Vermindert	24 (um durchschnittlich 10°)	15 (um durchschnittlich 15°)

Die häufige Varisierung auf der Unfallseite zeigt
Tabelle 6.

Tabelle 6

Veränderung des physiologischen Cubitus valgus auf
der Seite der Fraktur: (TEUTSCH u. SCHMIDT)

Varisierung in 27 von 50 Fällen
=====

<u>Grad</u>	<u>Anzahl der Fälle</u>
25°	1
20°	5
15°	2
10°	10
5°	<u>9</u>
Gesamt	27
=====	==

Durchschnittswert der Varisierung: 11°

Pronation und Supination waren nur selten beeinträchtigt. In 2 Fällen waren beide Drehrichtungen, in einem Fall nur die Supination um ein Drittel eingeschränkt. Bei einem Kinde fand sich eine Parese des N. radialis. Eine ischämische Muskelkontraktur wurde bei den Nachuntersuchungen nicht gefunden.

Eine Übersicht über die Behandlungsergebnisse gibt in Anlehnung an SCHUMANN und NEUBERG die Tabelle 7. Die beiden in der Spalte "schlecht" aufgeführten Fälle sind jene, bei denen die Streckbehinderung gegenüber dem Mittelwert der gesunden Seite größer als 20° war.

Tabelle 7

Behandlungsergebnisse der Extensionsfrakturen mit Dislokation in mehreren Ebenen (TEUTSCH u. SCHMIDT)

14	sehr gut	(Beugung und Streckung uneingeschränkt)
20	gut	(Beugung bis 20° , Streckung bis 15° vermindert)
1	ausreichend	(Beugung bis 30° , Streckung bis 20° vermindert)
2	schlecht	(Beugung und Streckung darüber hinaus eingeschränkt)

Nachuntersuchungsergebnisse von HECKER, DAUM u. a.
(1966)

In den Jahren 1949 - 1963 kamen in der Chirurgischen Universitätsklinik Heidelberg 211 Fälle von kindlichen Humerusfrakturen im distalen Abschnitt zur stationären Behandlung. Das Krankengut ist in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8

Art der Verletzungen bei 211 distalen Humerusfrakturen
(HECKER, DAUM u. a.)

Supra- und perkondyläre Humerusfrakturen	154
Absprennung des Epicondylus humeri ulnaris	22
Fraktur des Condylus radialis humeri	13
Absprennung des Epicondylus humeri radialis	9
Luxationsfraktur im Kondylenabschnitt	4
Fraktur des Condylus ulnaris humeri	3
Humerusepiphysenablösungen	2
Kombinierte Frakturen:	2
a) schalenförmige Absprennung vom Condylus ulnaris humeri und Abriß des Capitulum	
b) Abbruch des Epicondylus ulnaris und Fraktur des Capitulum mit Volarverschiebung	
Ellbogensplitterfraktur	1
Subluxationsfraktur	1
G e s a m t	211
=====	===

Von den 211 Fällen, die einer stationären Behandlung unterzogen wurden, konnten 97 klinisch und röntgenologisch nachuntersucht werden. 46 Patienten beantworteten ausführlich einen Fragebogen, der von dem behandelnden Hausarzt ausgefüllt wurde, so daß insgesamt 143 verwertbare Fälle der Ergebnisstatistik zugrunde gelegt werden konnten.

Das Durchschnittsalter aller Kinder betrug 8,6 Jahre. Mit einem Verhältnis von 2:1 überwog das männliche Geschlecht, eine Tatsache, deren Ursache laut HECKER, DAUM u. a. wohl in der größeren Aktivität der Jungen beim Spiel liegt. Bezüglich der Seitenlokalisation läßt sich ein deutliches Überwiegen der linken gegenüber der rechten Seite feststellen (1,7 : 1).

Im Gesamt-Krankengut fanden sich röntgenologisch 86 Patienten ohne Fragmentverschiebung, 37 mit geringer und 106 Fälle mit starker Dislokation.

An zusätzlichen Begleitverletzungen wurde bei den perkondylären Frakturen sechsmal eine Radialisparese beobachtet, die in 5 Fällen passager war. Nur in einem Fall bei völliger Durchtrennung des Nerven war eine Freilegung und Nervennaht erforderlich. In weiteren 3 Fällen konnte eine Schädigung des Nervus ulnaris registriert werden, wobei in einem Falle wiederum die völlige Durchtrennung bei einer perkondylären Fraktur vorlag. Reine Medianusparesen wurden nach perkondylären Frakturen zweimal beobachtet. Abgesehen von den erwähnten Fällen mit völliger Durchtrennung der Nerven kam es sonst immer zu einer Restitutio ad integrum.

Von den 211 Fällen mit Frakturen im distalen Humerusbereich wurden 42 einer operativen, 169 einer konservativen Behandlung unterzogen. Über die jeweilige Therapie gibt die Tabelle 9 Aufschluß.

HECKER, DAUM u. a. teilen in ihrer Arbeit die Therapieverfahren nicht in konservative, halbkonservative und operative Behandlung ein, sondern lediglich in konservative und operative Behandlung, wobei die Drahtextension zur konservativen Therapie, die percutane Bohrdrahtfixation jedoch zur operativen Therapie gerechnet wird (s. Tabelle 9 und s. S. 74).

Den Spätergebnissen konnten, wie schon erwähnt, 143 Fälle zugrunde gelegt werden. Davon wurden 104 einer konservativen Behandlung unterzogen, die hauptsächlich in einem Oberarm-Gipsverband bestand (s. Tabelle 9).

Tabelle 9

Konservative Verfahren bei 169 kindlichen Frakturen des distalen Humerus. In Klammern die Zahl der nachuntersuchten Patienten (HECKER, DAUM u. a.).

<u>Konservativ</u>	<u>A n z a h l</u>
Kramerschiene	3 (1)
Dorsale Gipsschiene	56
Dorsale und volare Oberarmgipsschiene	53 (94)
Zirkulärer Gips	45
Abduktionsschiene	3 (2)
Thoraxgips	1 (1)
Abduktionsschiene mit Extension	2 (2)
Heftpflasterextension	5 (2)
Olecranonextension	1 (1)
 G e s a m t	 169 (104)
=====	=====

Hinsichtlich der subjektiven Beschwerden, die bei der Nachuntersuchung angegeben wurden, zeigte sich, daß von 104 konservativ behandelten Patienten 30 leichte subjektive Beschwerden angaben (Tabelle 10).

Tabelle 10

Beschwerden nach konservativer Therapie der kindlichen Frakturen des distalen Humerus (HECKER, DAUM u. a.).

	nach konservativer Behandlung
Schmerzen bei Witterungswechsel	7
Schmerzen bei Belastung	8
Kältegefühl im Bereich der Hand	2
Schwäche in der Hand	13
	—
G e s a m t	30
== =====	==

Zur Beurteilung des Behandlungsergebnisses wurden unter Anlehnung an MÖRGER folgende Kriterien herangezogen:

1. I n s p e k t i o n

Hautbeschaffenheit, Durchblutungsverhältnisse,
Deformität im Sinne der Varus- oder Valgusstellung

2. N e u r o l o g i s c h e r B e f u n d

3. F u n k t i o n

Beugung und Streckung, Pro- und Supination

4. U m f a n g s b e s t i m m u n g

Ober- und Unterarm

5. P r ü f u n g d e r g r o b e n K r a f t

6. R ö n t g e n a u f n a h m e i n z w e i E b e n e n

Unter Berücksichtigung dieser Punkte wurde folgende Klassifikation vorgenommen:

<u>Sehr gut</u>	Kein Unterschied zwischen links und rechts, Punkt 1 - 6 normal.
<u>Gut</u>	Geringe Abweichung in einem Punkt, Deformierung bis 10° (Valgus- oder Varus-Stellung), Beugebehinderung bis 10° , keine wesentlichen röntgenologischen Gelenkveränderungen.
<u>Befriedigend</u>	Varus- oder Valgusstellung bis 20° , Bewegungseinschränkung bis 20° , röntgenologisch deutliche Veränderungen, jedoch keine wesentlichen Behinderungen im Alltag.
<u>Schlecht</u>	Deformierung von mehr als 20° , Bewegungseinschränkung mehr als 20° , schwere röntgenologische Veränderungen

Ergebnisse bei äußerer Betrachtung (HECKER, DAUM u.a.)

Bei konservativer Behandlung konnte in 31 % eine exakte Stellung erzielt werden (Tabelle 11). Eine Verformung im Sinne der Varus- oder Valgus - Stellung von 15° und mehr war nach konservativer Therapie in 25,3 % vorhanden.

Tabelle 11

Ergebnisse bei äußerer Betrachtung (HECKER, DAUM u.a.)

Konservativ behandelte Frakturen (67 Fälle)

Befund	Gesamt	Fehlstellung um			
		$5-10^{\circ}$	$10-15^{\circ}$	$15-20^{\circ}$	über 20°
einwandfrei	21=31%	-	-	-	-
Varusstellung	32	7	11	9	5 17=25%
Valgusstellung	14	7	4	2	1

Röntgenologische Ergebnisse (HECKER, DAUM u.a.)

Die Beurteilung der röntgenologischen Ergebnisse von 62 konservativ behandelten Frakturen ist aus Tabelle 12 zu ersehen. Für die Klassifikation wurden folgende Punkte herangezogen:

<u>Sehr gut</u>	Abheilung ohne röntgenologischen Fraktur-nachweis in anatomisch exakter Stellung.
<u>Gut</u>	Heilung mit geringer Achsenknickung, Deformierung und Stufenbildung.
<u>Befriedigend</u>	Abheilung mit erheblicher Verdichtung der Struktur, unregelmäßiger Begrenzung der Gelenkfläche, stärkerer Deformierung, Stufenbildung und Achsenknickung.
<u>Schlecht</u>	Erhebliche Deformierung, Pseudarthrosenbildung.

Tabelle 12

Röntgenologische Ergebnisse nach konservativer Therapie von 62 Frakturen (HECKER, DAUM u.a.)

Therapie	Ergebnis			
	sehr gut	gut	befriedigend	schlecht
Konservativ	25 (40 %)	23	11	3

Unter Beachtung aller Kriterien, also der Betrachtung, der Funktion und des Röntgenbefundes wurde das Gesamtergebnis der nachuntersuchten Patienten ermittelt (Tabelle 13).

Tabelle 13

Ergebnisse der konservativ behandelten suprakondylären Humerusfrakturen im Kindesalter (HECKER, DAUM u.a.).

Frakturform	Ergebnis			
	sehr gut	gut	befriedigend	schlecht
Supra- und perkondylär (84 Fälle)	11	42	23	2

Nachuntersuchungsergebnisse von SCHUBERT u. FORBERGER
(1971)

In den Jahren 1963 bis 1969 wurden an der Chirurgischen Klinik des Bezirkskrankenhauses Dresden - Friedrichstadt 84 Kinder mit einer gelenknahen Oberarmfraktur behandelt. Die Geschlechtsverteilung ergab 31 Mädchen und 53 Jungen. 38mal war der rechte und 46mal der linke Arm gebrochen. Das jüngste Kind war 2 Jahre, das älteste 15 Jahre alt.

Von den 84 Kindern konnten 51 -frühestens 1 Jahr nach Abschluß der Behandlung- nachuntersucht werden. Bei den 52 Kindern handelt es sich um 32 suprakondyläre Extensions-, 1 Flexions- und 13 diakondyläre bzw. Y-, V- und T- Frakturen; 2mal war ein Abbruch des Condylus ulnaris und 3mal ein Abbruch des Condylus radialis humeri vorhanden.

An Komplikationen bestand primär einmal eine Medianus-schädigung und einmal eine Ulnarisläsion, die sich nach der Reposition ohne spezielle Behandlung zurückbildeten. Eine nach mehrfachen Repositionen aufgetretene Radialisparese verschwand ebenfalls. Eine sofortige operative Revision wegen einer akuten arteriellen Durchblutungsstörung war in keinem Fall erforderlich.

Bei allen nichtdislozierten Frakturen wurde ein ungepolsterter Oberarmspaltgips angelegt. Die dislozierten Frakturen wurden nach vorheriger Reposition ebenfalls in einem ungepolsterten Oberarmspaltgips fixiert. Blieb das Repositionsergebnis unbefriedigend, obwohl eine Zweitreposi-tion vorgenommen wurde, oder zeigte sich, daß die Bruchstücke nur schwer in einer optimalen Stellung zu halten waren, wandte man die vertikale Ulnadrahtextension nach BAUMANN an (s.S. 70).

Die Abweichungen des Winkels α (s. S. 19) im Vergleich zur gesunden Seite sind aus Tabelle 14 zu ersehen.

Tabelle 14

Abweichungen des Winkels α im Vergleich zur gesunden Seite bei 36 nachuntersuchten Kindern (SCHUBERT und FORBERGER).

Abweichungen des Winkels α Reposition + Gips
von der Gegenseite

0 bis $\pm 4^{\circ}$	20
5 bis $\pm 9^{\circ}$	11
10 bis $\pm 14^{\circ}$	4
15° und mehr	1

Bei dem Kind mit einer Achsenabweichung von mehr als 15° handelt es sich um eine Pseudarthrose des Condylus radialis humeri.

Pro- und Supination waren in keinem Fall eingeschränkt. Bei einem Kind war der frakturierte Oberarm 2 cm und bei 6 Kindern 1 cm länger als der gesunde. Die Prüfung der Beugung und Streckung ergab folgende Bewegungsausschläge:

Tabelle 15

Beweglichkeit des Ellbogengelenks bei 36 nachunter-
suchten Kindern (SCHUBERT u. FORBERGER)

	Anzahl der Kinder mit Beugung bis				
	40°	45°	50°	55°	60°
Reposition + Gips	5	12	10	5	4

	Anzahl der Kinder mit Streckung bis							
	190°	185°	180°	175°	170°	165°	160°	155°
Reposition + Gips	10	10	13	-	-	-	1	2

Nachuntersuchungen von BAY u. BULLE (1972)

In dem Zeitraum von 1955 - 1970 wurden an der Chirurgischen Universitätsklinik Hamburg 307 Kinder mit suprakondylären Oberarmbrüchen behandelt. Die Altersverteilung zeigt einen Gipfel zwischen dem 5. und 9. Lebensjahr. Von 1955 bis 1967 wurden von 251 suprakondylären Frakturen nur 2 operativ versorgt. Die Behandlung bestand in diesem Zeitraum in folgenden Verfahren:

1. Keine Reposition (Frakturen ohne Dislokation)
 - a) Fixation im gespaltenen Oberarmgips 60
 - b) Fixation im Thorax-Abduktionsgips 4
(vor 1957)
2. Reposition und
 - a) Fixation im gespaltenen Oberarmgips 132
 - b) Fixation im Thorax-Abduktionsgips 13
(vor 1957)
3. 2malige Reposition und gespaltenen Oberarmgips 24
4. 3- oder 4malige Reposition und Oberarmgips 7
5. Extension nach BAUMANN nach vergeblichem Repositionsversuch 9

6. Operative Behandlung (blutige Reposition
und Fixation mit gekreuzten Kirschner-
drähten) 2

Bei einer 1965 durchgeführten Nachuntersuchung der von 1955 bis 1960 behandelten 104 suprakondylären Humerusfrakturen konnten 93 erfaßt werden. Bei 81 (89 %) wurde ein ideales bis gutes Ergebnis festgestellt, d.h. es wurden entweder keine durch die Fraktur bedingten Veränderungen oder lediglich Bewegungseinschränkungen bis 10° festgestellt. In 4 Fällen wurde ein genügendes Ergebnis erzielt, d.h. Bewegungseinschränkungen bis 15° und / oder Änderungen des physiologischen Cubitus valgus um $10 - 15^{\circ}$. Bei 6 Kindern (7 %) wurde ein schlechtes Ergebnis registriert. Hierbei handelt es sich bei 5 Kindern um eine deutliche Varisierung von $20 - 25^{\circ}$ und um meist unbedeutende Bewegungsstörungen. In einem Fall blieb eine erhebliche Beuge- und geringe Streckbehinderung zurück. Dieses Kind mußte wegen mehrmaliger erheblicher Fragmentverschiebung nach epileptischen Anfällen 4mal nachreponiert werden.

Die Nachuntersuchungen zeigten immer wieder kosmetisch störende Narben am Unterarm, die durch Gipsdruckverletzungen, besonders an den Kanten des gespaltenen Gipsverbandes entstanden.

Die Anzahl der Nachrepositionen machen deutlich, daß die sichere und anhaltende Fixierung Schwierigkeiten bereitet. Deshalb führten BAY u. BULLE seit 1968 das Behandlungsverfahren nach BLOUNT durch (s. S. 67).

Behandlungsergebnisse von MORKOS (1969)

In der Chirurgischen Abteilung der Kinderklinik des Berliner Rudolf-Virchow-Krankenhauses wurden von 1967 bis 1969 51 Kinder mit suprakondylärer Humerusfraktur nach der BLOUNT'schen Fixationsmethode behandelt. Das Alter der Patienten lag zwischen 2 und 12 Lebensjahren. Am meisten waren Kinder zwischen dem 6. und 9. Lebensjahr betroffen. Das Verhältnis zwischen Knaben und Mädchen betrug 33:18. Die Unfälle ereigneten sich hauptsächlich beim Spielen oder beim Sportunterricht. Nur in 2 Fällen wurden Flexionsfrakturen festgestellt. Abgesehen von 2 Kindern, bei denen eine Medianusparese als unmittelbare Unfallfolge festgestellt wurde, gab es im Verlaufe der Behandlung keinen Fall von Nervenschädigung oder ischämischer Muskelkontraktur. Die 2 Medianusparenen bildeten sich nach entsprechender Therapie vollkommen zurück. In mehreren Fällen traten leichte Zirkulationsstörungen auf, die sich ohne besondere Maßnahmen wieder normalisierten.

Die Ergebnisse der Behandlung mit dem BLOUNT'schen Verband sind aus Tabelle 16 zu ersehen.

Tabelle 16

Ergebnisse der Behandlung von 51 Kindern mit supra-
kondylären Humerusfrakturen (MORKOS)

Funktionsausmaß des Ellbogen- gelenks nach suprakondylärer Humerusfraktur	Zahl der Patienten	Behandlungs- ergebnis
Keine Bewegungseinschränkung	26	sehr gut
Einschränkung der Beugung und Streckung bis		
5°	13	gut
10°	9	gut
20°	3	ausreichend
über 30°	-	schlecht
	—	
	51	
	==	

Behandlungsergebnisse von BAY und BULLE (1972)

Von 1968 bis 1970 wurden an der Chirurgischen Universitätsklinik Hamburg 56 Kinder - 38 Jungen und 18 Mädchen - nach der Methode von BLOUNT behandelt. 22 Kinder wurden gleich nach der Behandlung in ambulante Behandlung entlassen. Bei 34 Kindern erfolgte stationäre Beobachtung für 1 - 3 Tage. Längere stationäre Aufenthalte waren nur notwendig, wenn Begleitverletzungen dies notwendig machten. Bei einem Kind bestand sofort nach dem Unfall eine Schädigung des N. radialis, die durch die Reposition nicht beseitigt wurde. 6 Monate nach dem Unfall erfolgte eine Neurolyse, die die Radialisparese vollständig beseitigte. Die Behandlungsergebnisse waren bei allen Kindern ausgezeichnet; kosmetische Beeinträchtigung und Bewegungsstörungen, abgesehen von gelegentlichen Streckhemmungen bis 5°, waren nicht vorhanden.

II. HALBKONSERVATIVE BEHANDLUNG

1. Vertikalextension in stabiler Gleichgewichtslage nach BAUMANN
2. Extensionsbehandlung nach v. EKESPARRE
3. Gedeckte Bohrdrahtosteosynthese

ad 1 (Vertikalextension nach BAUMANN)

Behandlungsergebnisse von BAUMANN (1965)

Suprakondyläre Humerusfrakturen von 1940 - 1960:

Gesamtzahl 112, davon 59 Jungen und 53 Mädchen;
rechtsseitig 32, linksseitig 80

Schwere der Dislokation wird bezeichnet mit

I	Fissur oder geringe Drehverschiebung	19
II	Verschiebung um Schaftbreite ohne völligen Kontaktverlust der Bruchstücke	24
III	Schwere Dislokation mit Kontaktverlust der Bruchstücke	70

Offene Brüche 8; primäre Paresen 8; notwendige Nervennaht 1.

A l t e r:

0 - 5 Jahre	32
6 - 10 Jahre	59
11 - 15 Jahre	14
16 - 60 Jahre	4
über 60 Jahre	3
z u s a m m e n	112
=====	===

Behandlung mit Vertikalextension in stabiler Gleich-
gewichtslage:

72

=====

Heilung ad integrum	42
Gutes Resultat, aber Verminderung des Armwinkels bis 0 Grad	10
Cubitus varus	0
Dislocatio ad peripheriam bis 25 Grad	2
Geringe Einschränkung der Beweglichkeit	12
Erhebliche Einschränkung der Beweglichkeit	1
Keine Nachuntersuchung möglich	5

Konservativ behandelte Fälle mit Einrichtung
und Gipsverband in Rechtwinkelstellung und
mäßiger Pronation:

40

=====

Nachuntersuchungsergebnisse von SCHUBERT u. FORBERGER
(1971)

Von 1963 bis 1969 wurden an der Chirurgischen Klinik des Bezirkskrankenhauses Dresden-Friedrichstadt 23 Kinder mit einer gelenknahen distalen Oberarmfraktur nach der Methode von BAUMANN behandelt. 15 Kinder konnten nachuntersucht werden. Die BAUMANN'sche Vertikalextension wurde nur bei den Frakturen angewandt, die wiederholt ein unbefriedigendes Repositionsergebnis aufwiesen oder eine ungenügende Retention der Bruchfragmente zeigten (s. S. 60).

Die Abweichungen des Winkels α im Vergleich zur gesunden Seite sind aus Tabelle 17 zu ersehen. Tabelle 18 zeigt die Beweglichkeit des Ellbogengelenkes. Pro- und Supination waren in keinem Falle eingeschränkt.

Tabelle 17

Abweichungen des Winkels α im Vergleich zur gesunden Seite bei 15 nachuntersuchten Kindern (SCHUBERT u. FORBERGER).

Abweichungen des Winkels α von der Gegenseite	Vertikale Ulnadrahtextension
0 bis $\pm 4^{\circ}$	12
5 bis $\pm 9^{\circ}$	1
10 bis $\pm 14^{\circ}$	1
15 $^{\circ}$ und mehr	1

Bei dem Kind mit einer Achsenabweichung von mehr als 15 $^{\circ}$ handelt es sich um eine Pseudarthrose des Condylus radialis humeri.

Tabelle 10

Beweglichkeit des Ellbogengelenkes bei 15 nach-
untersuchten Kindern (SCHUBERT u. FORBERGER)

		Anzahl der Kinder mit Beugung bis				
		40°	45°	50°	55°	60°
Ulnadrahtextension		-	3	6	4	-

		Anzahl der Kinder mit Streckung bis							
		190°	185°	180°	175°	170°	165°	160°	155°
Ulnadrahtextension		6	2	5	-	1	-	1	-

ad 2 (Extensionsbehandlung nach v. EKESPARRE)
Behandlungsergebnisse von REHBEIN, REISMANN und
VITTALI (1970)

Laut REISMANN und VITTALI wurden mit der Extension nach v. EKESPARRE in der II. Chirurgischen Universitätsklinik Köln-Merheim 9 Kinder mit suprakondylären Humerusfrakturen behandelt und in allen Fällen gute Ergebnisse erzielt. In der Kinderchirurgischen Klinik Bremen, in der diese Methode entwickelt wurde und deren Krankengut REISMANN und VITTALI mitausgewertet haben, wurden von 1956 bis April 1969 insgesamt 346 suprakondyläre Humerusfrakturen behandelt. Davon wurden 131 nicht oder wenig dislozierte Frakturen primär eingegipst, 4 wurden operativ versorgt und 211 wurden nach der Methode v. EKESPARRE extendiert. Eine ischämische Muskelkontraktur trat in keinem Fall auf. 14 primär bestehende Nervenschädigungen bildeten sich vollständig im Verlauf von 2 Wochen bis zu 6 Monaten zurück, lediglich bei einem Kind war eine partielle Radialisparese nach einem Jahr noch angedeutet nachweisbar. 4 komplizierte Frakturen heilten in Extension ebenfalls glatt. An Komplikationen wurden nur einige unbedeutende Weichteilinfektionen sowie in einem Fall eine Ostitis in der Umgebung des Ulnanagels beobachtet, die allesamt nach Entfernung der Nägel und Ruhigstellung im Gipsverband folgenlos ausheilten.

Behandlungsergebnisse von HAGEN (1968)

In den Jahren 1964 bis 1967 wurden im Nordwest - Krankenhaus Frankfurt-Praunheim 41 suprakondyläre Humerusfrakturen behandelt. In 15 Fällen bestanden lediglich Fissuren oder Frakturen ohne Dislokation, so daß eine primäre Gipsbehandlung möglich war. Bei 14 Kindern konnte nach geringer Korrektur der Fragmentstellung ebenfalls die primäre Gipsfixation angewandt werden. In sämtlichen Fällen dieser beiden Gruppen wurde ein gutes Funktionsresultat erzielt. Varus- oder Valgusdeformierungen bestanden nicht.

Die Extensionsmethode nach v. EKESPARRE wurde im Nordwest-Krankenhaus Frankfurt-Praunheim - die Patienten aus dem Jahre 1968 mitgerechnet - 20mal durchgeführt. Die Repositionsergebnisse können laut HAGEN durchweg als gut bezeichnet werden. In einem Fall mit besonders schwerer Dislokation der Fragmente war die Ausbildung einer ischämischen Muskelkontraktur zu befürchten. Nachdem trotz idealer Repositionsstellung in der Extension sich die Durchblutungsverhältnisse nicht besserten, entschloß man sich zur operativen Freilegung. Das drohende Verhängnis war jedoch infolge ausgedehnter Zerreißungen von Nerven und Gefäßen trotz der Operation nicht mehr abzuwenden.

In allen übrigen Fällen wurden mit der Extensionsbehandlung nach v. EKESPARRE laut HAGEN ausgezeichnete Funktionsresultate erzielt. Auch hier waren keine Deformitäten im Varus- oder Valgussinne nachweisbar.

ad 3 (Gedechte Bohrdrachtosteosynthese)

Nachuntersuchungsergebnisse von HECKER, DAUM u. a.
(1966)

Von den 211 Kindern mit Frakturen im distalen Humerusbereich, die in der Chirurgischen Universitätsklinik Heidelberg von 1949 bis 1963 behandelt wurden, wurden 41 einer operativen Therapie (perkutane Bohrdrachtfixation oder offene Reposition und Fixation) unterzogen.

39 Kinder konnten hiervon nachuntersucht werden. Über die jeweilige Therapie gibt Tabelle 19 Aufschluß. Die Aufteilung des Krankengutes ist auf Seite 52 dargestellt.

Tabelle 20 zeigt die subjektiven Beschwerden, die bei der Nachuntersuchung angegeben wurden.

Tabelle 19

Operative Verfahren bei 41 kindlichen Frakturen des distalen Humerus. In Klammern die Zahl der nachuntersuchten Patienten (HECKER, DAUM u.a.).

<u>Operativ</u>	<u>Anzahl</u>
Periostnaht	2
Igamidnaht	1 (3)
Catgutnähte	2
Schraube	7 (6)
Nagel	2
Perkutane Bohrdrachtfixation	24 (24)
Exstirpation eines Fragmentes	3 (3)
Gesamt	41 (59)
=====	=====

Tabelle 20

Beschwerden nach operativer Therapie der kindlichen
Frakturen des distalen Humerus (HECKER, DAUM u.a.)

	nach Operation
Schmerzen bei Witterungswechsel	3
Schmerzen bei Belastung	5
Kältegefühl im Bereich der Hand	2
Schwäche in der Hand	2
G e s a m t	12
=====	==

Die Kriterien zur Beurteilung des Behandlungsergebnisses siehe Seite 55. Die dazu getroffene Klassifikation findet sich auf Seite 56.

Die Ergebnisse bei äußerer Betrachtung sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21

Ergebnisse bei äußerer Betrachtung, Operativ behandelte Frakturen (30 Fälle) (HECKER, DAUM u.a.)

Befund	Gesamt	Fehlstellung um			
		5-10°	10-15°	15-20°	über 20°
einwandfrei	11=36 %	-	-	-	-
Varusstellung	14	5	6	2	1 4=13 %
Valgusstellung	5	3	1	1	-

Eine Verformung im Sinne der Varus- oder Valgusstellung von 15° und mehr war nach operativer Therapie in 13 % vorhanden.

Das röntgenologische Ergebnis wurde ebenfalls klassifiziert (s. S. 56 und Tabelle 22).

Tabelle 22

Röntgenologische Ergebnisse nach operativer Therapie von 29 Frakturen (HECKER, DAUM u.a.).

Therapie	E r g e b n i s			
	sehr gut	gut	befriedigend	schlecht
Operativ	16 (55 %)	8	3	2

Unter Beachtung aller Kriterien, also der Inspektion, der Funktion und des Röntgenbefundes wurde das Gesamtergebnis der nachuntersuchten Patienten ermittelt (Tabelle 23).

Tabelle 23

Ergebnisse der operativ behandelten suprakondylären Humerusfrakturen im Kindesalter (HECKER, DAUM u.a.)

Frakturform	E r g e b n i s			
	sehr gut	gut	befriedigend	schlecht
Supra- und perikondylär (21 Fälle)	3	11	7	-

Nachuntersuchungsergebnisse von SCHLAG und HABLE
(1971)

Es wurden 93 suprakondyläre kindliche Oberarmbrüche des Schweregrades II - III (BAUMANN) im Zeitraum von 1956 - 1968 im Unfallkrankenhaus Linz behandelt. Die Therapie bestand ausschließlich in der gedeckten Bohrdrahtosteosynthese.

Nach der Altersverteilung lag die höchste Frequenz bei den 6- und 7jährigen Kindern, wobei die Anzahl der Knaben nur gering überwog (49 Knaben, 45 Mädchen). In der Seitenlokalisation überwog die linke Seite mit 52 Fällen (55,3 %) gegenüber der rechten Seite mit 42 Fällen (44,7 %). An Nebenverletzungen wurden 9 Frakturen am gleichen Arm, 6 Durchblutungsstörungen und 4 primäre Nervenstörungen (je 1mal der N. medianus, der N. ulnaris, der N. radialis und komb. N. medianus und ulnaris) beobachtet.

Von den 94 Frakturen gehörten 85 (90,5 %) dem Extensionstyp und 9 (9,5 %) dem Flexionstyp an. Rund 50 % der Brüche waren um volle oder mehr als volle Schaftbreite verschoben (Tabelle 24).

Tabelle 24

Ausmaß der primären Verschiebung bei 94 kindlichen
suprakondylären Oberarmbrüchen (SCHLAG u. HABLE)

1/2 Schaftbreite	34
3/4 Schaftbreite	12
Volle Schaftbreite	36
Mehr als volle Schaftbreite	12
	94
	==

Richtung der Seitenverschiebung

nach dorsal	11
nach radial	4
nach ulnar	5
nach volar	2
nach dorsal-radial	39
nach dorsal-ulnar	24
nach volar-radial	9
	94
	==

In keinem Fall mußte eine Revision der Gefäße und
Nerven bei den Durchblutungsstörungen und primären
Nervenstörungen erfolgen.

Als Komplikation der gedeckten Bohrdrahtosteosynthese
wurden 6 Ulnarisläsionen beobachtet, von denen 3
revidiert werden mußten. In einem Fall waren Nerven-
verletzungen verblieben.

81 Patienten wurden mit einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 4,2 Jahren nachuntersucht. In keinem der Fälle bestanden eine Schwellneigung, ischämische Kontraktur, subjektive Beschwerden oder Nerven- und Durchblutungsstörungen. 2 von den nachuntersuchten Frakturen waren primär offen und wurden nach Versorgung der Wunde gedeckt bohrgedrahtet.

Die Vorderarmdrehung war im Sinne der Supination in einem Fall (Tabelle 25) und der Pronation in 8 Fällen (Tabelle 26) geringgradig eingeschränkt.

Tabelle 25 Supination (SCHLAG u. HABLE)

<u>Beweglichkeit</u>	<u>primär geschlossen</u>	<u>primär offen</u>
Frei	78	2
Endlagig eingeschränkt	<u>1</u>	<u>-</u>
	79	2
	==	=

Tabelle 26 Pronation (SCHLAG u. HABLE)

<u>Beweglichkeit</u>	<u>primär geschlossen</u>	<u>primär offen</u>
Frei	71	2
Endlagig eingeschränkt	4	-
Bis 1/3 eingeschränkt	<u>1</u>	<u>-</u>
	76	2
	==	=

Die Ellbogenbeweglichkeit war in einem der Streckung in 4 Fällen (Tabelle 27) und der Beugung in 5 Fällen (Tabelle 28) bis zu einem Maximum von 10° eingeschränkt.

Tabelle 27

Streckung (SCHLAG u. HABLE)

<u>Beweglichkeit</u>	<u>primär geschlossen</u>	<u>primär offen</u>
Frei	7	1
bis 5° behindert	2	-
bis 10° behindert	2	1
Überstreckung bis 10°	1	-
	79	2
	==	=

Tabelle 28

Beugung (SCHLAG u. HABLE)

<u>Beweglichkeit</u>	<u>primär geschlossen</u>	<u>primär offen</u>
Frei	74	2
bis 5° behindert	2	-
bis 10° behindert	2	-
	78	-
	==	=

Röntgenologisch wurde in 3 Fällen (46,9 %) eine Varusdeformität gefunden (Tabelle 29). In 13 Fällen wurde ein vermehrter Valgus beobachtet (Tabelle 29). Eine Antekurvatur von $6 - 12^{\circ}$ war in 8 Fällen nachzuweisen (Tabelle 30).

Tabelle 29

Achsenknickung in der Frontalebene bei 81 nachuntersuchten suprakondylären Humerusfrakturen (SCHLAG u. HABLE)

<u>Achsenknickung</u>	<u>primär geschlossen</u>	<u>primär offen</u>
Varus		
1 - 5°	27	
6 - 10°	8	
11 - 15°	3	
Vermehrter Valgus		
1 - 5°	12	
6 - 10°	1	
Keine Achsenknickung	<u>28</u>	<u>2</u>
	79	2
	==	=

Tabelle 30

Achsenknickung in der Sagittalebene bei 81 nachuntersuchten suprakondylären Humerusfrakturen (SCHLAG u. HABLE)

<u>Antekurvatur</u>	<u>primär geschlossen</u>	<u>primär offen</u>
Keine	56	1
1 - 5°	13	1
6 - 10°	7	-
12°	<u>1</u>	-
	79	2

Nachuntersuchungsergebnisse von BARZ und HARTMANN
(1973)

In der I. Chirurgischen Abteilung des Allgemeinen Krankenhauses Hamburg-Barmbek wurde von 1966 bis 1971 28mal die gekreuzte perkutane Bohrdrahtfixation nach BÖHLER bei dislozierten suprakondylären Humerusfrakturen im Kindesalter angewandt. 24 Kinder konnten nachuntersucht werden. Unter Zuhilfenahme der von MORGER, HECKER, DAUM u.a. genannten Kriterien und Klassifizierungen (s. S. 55) wurde eine Gesamtbeurteilung der Nachuntersuchung aufgestellt (Tabelle 31). Auch der BAUMANN-Winkel und der Humerus-Trochlea-Winkel wurden bei der Gesamtbeurteilung berücksichtigt.

Tabelle 31

Objektive Klassifikation der Ergebnisse (24 Fälle)
(BARZ u. HARTMANN)

	sehr gut	gut	befrie- digend	schlecht	gesamt
Perkutane Bohrdraht- osteosynthese	6	13	4	1	24

Eine ischämische Kontraktur bestand in keinem Fall. Die Pro- und Supination war nur 1mal in dem Sinne verändert, daß die Supination der kranken Seite gegenüber der gesunden Seite um 5° verstärkt und die Pronation um 5° vermindert war. Subkutane Bohrdrahtinfektionen traten gelegentlich am lateralen Bohrdrahtende auf, sie klangen aber immer sofort nach Entfernung der Drähte wieder ab.

Die subjektiven Beschwerden sind aus Tabelle 32, die Funktionseinschränkungen und der Cubitus varus aus Tabelle 33 zu ersehen.

Tabelle 32 Subjektive Beschwerden (BARZ u. HARTMANN)

	Schmerzen bei Witte- rungswechsel	Schmerzen bei Belastung	Par- ästhesien	Schwäche Ermüd- barkeit
Perkutane Bohr- drahtosteo- synthese	0	1	2	0

Tabelle 33

Funktionseinschränkungen und Cubitus varus
(BARZ u. HARTMANN)

	<u>Perkutane Bohrdraht- osteosynthese</u>
I Beugehemmung	
bis 10°	9
15°	1
20°	2
über 20°	1
G e s a m t	13
=====	==
II Streckhemmung	
bis 10°	10
15°	-
20°	-
über 20°	2
G e s a m t	1
=====	==
III Cubitus varus	
bis 5°	10
10°	-
15°	1
20°	-
G e s a m t	17
=====	==

III OPERATIVE THERAPIE

Nachuntersuchungsergebnisse von GÜDEL (1973)

Von 1966 bis 1971 wurden in der Chirurgischen Universitätsklinik Halle 15 suprakondyläre Humerusfrakturen im Kindesalter operativ behandelt. Nur 2mal ergab sich die Indikation zur offenen Osteosynthese aus einer fortbestehenden Medianusirritation, während die Indikation bei den übrigen 13 Fällen auf Grund ungenügender Reposition bzw. Retention der Fraktur gestellt wurde. Bei der Fixierung der Fraktur führte man die Bohrdrähte jeweils gekreuzt ein.

Die Nachuntersuchungen der operierten suprakondylären Humerusfrakturen ergaben in 12 Fällen eine normale Funktion (Tabelle 34). Die Störungen infolge prä- bzw. postoperativer Nervenirritationen des N. medianus und N. ulnaris haben sich im Zeitraum von 1 bis 4 Jahren nach der Operation vollständig zurückgebildet. Eine ischämische Kontraktur ist nicht aufgetreten.

Tabelle 34 Nachuntersuchungsergebnisse (GÜDEL)

<u>1966 bis 1971</u>	<u>Suprakondyläre Humerus-</u> <u>frakturen</u>
Anzahl	15
Geschlecht	8 Mädchen 7 Jungen
OP-Zeitpunkt nach Unfall	Aufnahmetag : 2 1. bis 6. Tag: 4 7. bis 21. Tag: 9
Operationsmethode	15mal Kirschner- Drahtfixierung
Komplikationen	2mal Medianusirritation präoperativ 3mal Ulnarisirritation postoperativ
Alter (Jahre)	0 bis 6 : 3 7 bis 14 : 12

Nachuntersuchungsergebnisse

Funktion	12 normal 1 Beugung bis 20° 1 unbekannt 1 noch nicht beurteilbar
Schulsport	12
Zusätzlicher Leistungssport	3
Teilbefreiung	1
Ganzbefreiung	1

7. Eigene Behandlungsergebnisse

=====

I. Eigenes Krankengut

1. Zahl, Alters- und Geschlechtsverteilung
2. Genese der Fraktur, Seitenverteilung
3. Frakturtyp und Schweregrad
4. Behandlungsmethoden

1.) Zahl, Alters- und Geschlechtsverteilung

=====

Aus den Jahren 1960 - 1969 konnten wir von 156 Kindern mit suprakondylärer Humerusfraktur 83 nachuntersuchen. Sämtliche Patienten wurden in der Kinderchirurgischen Klinik der Universitätskinderklinik München erstversorgt; die Therapie war ausschließlich konservativ. Die Frakturen ereigneten sich jeweils zwischen dem 1. und 14. Lebensjahr. Am häufigsten traten sie im Alter von 7 Jahren auf (s. Abb. 21).

Die Geschlechtsverteilung Knaben zu Mädchen betrug 52 : 31 (62,7 % : 37,3 %).

2.) Genese der Fraktur, Seitenverteilung

=====

71 Patienten (97,6 %), bzw. ihre Eltern, gaben als Ursache der Fraktur einen Sturz auf den Arm an. Bei einem Kind entstand die Fraktur durch einen Autounfall. Einem anderen Kind fiel ein Gewicht auf den Arm. Der linke Arm war häufiger betroffen als der rechte. 46 Kinder (55,4 %) wiesen eine linksseitige suprakondyläre Humerusfraktur auf, 37 (44,6 %) eine rechtsseitige.

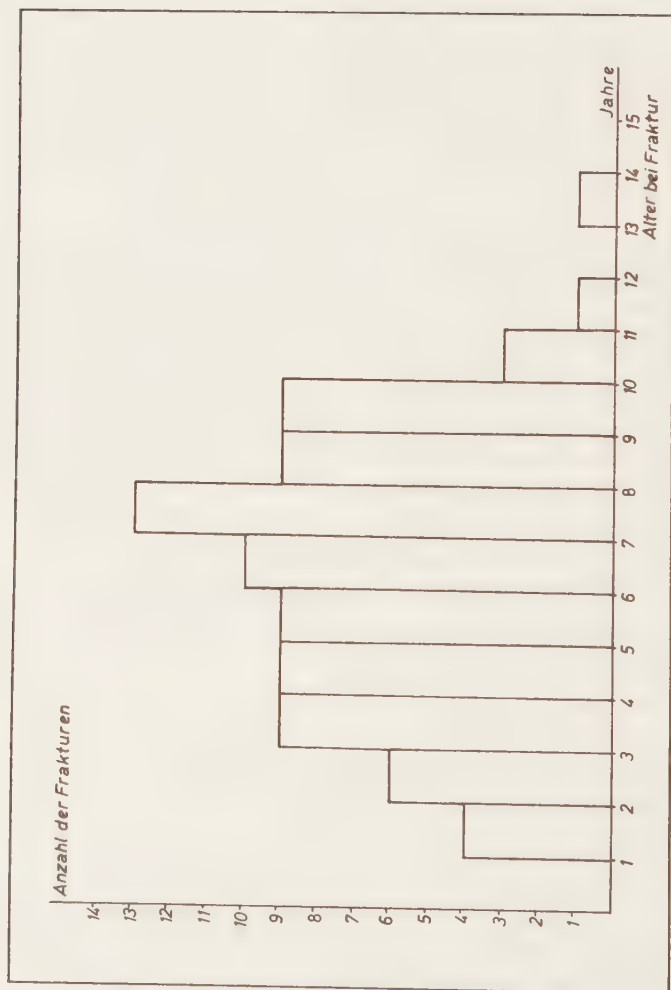


Abb. 21 Häufigkeit supracondylärer Humerusfrakturen in Abhängigkeit vom Alter

3.) Frakturtyp und Schweregrad

=====

Nach der Definition verläuft beim Extensionstypus die Bruchfläche von vorn unten nach hinten oben; das distale Bruchstück verschiebt sich dabei nach hinten, das proximale nach vorn. Beim Flexionstypus dagegen verläuft die Bruchfläche von hinten unten nach vorn oben; das distale Bruchstück verschiebt sich hier nach vorn, das proximale nach hinten.

57 Frakturen (68,6 %) ließen sich eindeutig dem Extensionstypus, 7 Frakturen (8,4 %) eindeutig dem Flexionstypus zuordnen. Bei 9 Frakturen (10,8 %) verlief die Bruchfläche waagrecht. 4 Frakturen (4,8 %) zeigten einen Bruchflächenverlauf wie beim Flexionstypus; die Bruchstücke jedoch waren wie beim Extensionstypus verschoben. Bei einer Fraktur war es umgekehrt: Die Bruchfläche verlief wie beim Extensionstypus; die Bruchstücke jedoch waren nach der Art Flexionstypus verschoben. Die restlichen 5 Frakturen ließen sich in 2 Schrägfrakturen (2,4 %) und 3 Stauchungsinfractionen (3,6 %) aufteilen.

Die Schweregrade der einzelnen Frakturen legten wir nach der Einteilung von DAUMANN fest. Sie lautet:

- Typ I Fissuren oder Frakturen ohne bedeutende Verschiebung, die keine oder geringe geschlossene Einrichtungsmaßnahmen erfordern (Abb. 21 a)
- Typ II Verschiebungen bis zu Schaftbreite mit Achsenabweichungen, Verdrehungen, Verkürzung. Bruchstücke in der Regel im gegenseitigen Kontakt (Abb. 21 b)
- Typ III Große Verschiebungen mit völligem Verlust des Kontaktes der Bruchstücke (Abb. 21 c).

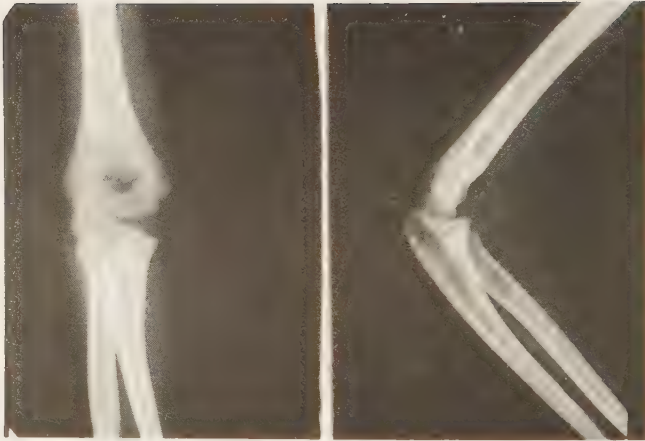


Abb. 21 a 7 Jahre altes Mädchen mit suprakondylärer Humerusfraktur rechts
(Typ I nach BAUMANN)



Abb. 21 b 3 1/2 Jahre altes Mädchen mit suprakondylärer Humerusfraktur rechts
(Typ II nach BAUMANN)

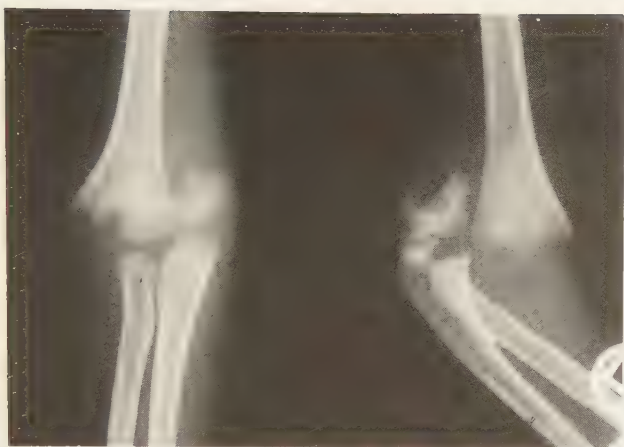


Abb. 21 c 7 Jahre alter Junge mit suprakondylärer Humerusfraktur links (Typ III nach BAUMANN)

Nach der BAUMANN'schen Klassifizierung müssen von unserem Krankengut 38 Frakturen (45,8 %) dem Typ I, 43 Frakturen (51,8 %) dem Typ II und 2 Frakturen (2,4 %) dem Typ III zugerechnet werden.

Bei den 38 Typ I - Frakturen wurden aufgrund der Röntgenaufnahmen keine Verdrehung und Seitenverschiebung gefunden, jedoch in 20 Fällen eine Achsenknickung und in 3 Fällen eine Verkürzung. Die 43 Typ II-Frakturen wiesen 16mal eine Verkürzung, 1mal eine Verdrehung, 23mal eine Seitenverschiebung und 43mal eine Achsenknickung auf. Die beiden Typ III - Frakturen zeigten jeweils alle Dislokationsarten nebeneinander.

4.) Behandlungsmethode

=====

Alle 63 nachuntersuchten Kinder mit suprakondylärer Humerusfraktur wurde ausschließlich konservativ behandelt.

War eine Reposition erforderlich, so wurde sie jeweils in Narkose, in 3 Fällen jedoch in subaxillärer Leitungsanaesthesie, durchgeführt. Eine Reposition mußte nach 3 Tagen, eine andere nach 8 Tagen wiederholt werden. Meistens kam in unserer Klinik die Reposition zur Anwendung, wie sie ausführlich auf Seite 26 dargestellt ist. In einigen Fällen hat sich bei der Reposition ein anderes Verfahren, wobei das Kind in Dauchlage auf dem Operationstisch liegt (s. S. 29), bewährt.

Die Flexionsfrakturen wurden bei gestrecktem Ellbogen ruhiggestellt, die Extensionsfrakturen bei rechtwinkelig gebeugtem Ellbogen und bei mittlerer Drehstellung des Vorderarmes.

66 Kinder erhielten eine dorsale Oberarmgipsschiene, 6 Kinder eine Abduktionsschiene in Kombination mit einer dorsalen Oberarmgipsschiene und 6 Kinder einen Thorax-Arm-Gips (s. Tabelle 35). Ca. 4 Tage nach Anlegen einer dorsalen Oberarmgipsschiene wurde die Schiene durch eine Stärkebinde zu einem zirkulären Verband ergänzt. Die Dauer der Immobilisation betrug zwischen 3 und 4 Wochen.

5 Kinder wurden mit der DAUMANN'schen Extensionsmethode (s. S. 35) behandelt. Nach Beendigung des stationären Aufenthaltes erhielten auch sie für weitere 3 bis 4 Wochen eine dorsale Oberarmgipsschiene (s. Tabelle 35).

Tabelle 35 Konservative Behandlungsverfahren bei
83 Kindern mit suprakondylärer Humerus-
fraktur

<u>Behandlungsverfahren</u>	<u>Anzahl</u>
Dorsale Oberarmgipsschiene	66
Abduktionsschiene + dorsale Oberarm- gipsschiene	6
Thorax - Arm - Gips	6
DAUHLANN'sche Extensionsmethode, anschließend dorsale Oberarmgipsschiene	5
G e s a m t	83
=====	==

Insgesamt befanden sich 17 Kinder in stationärer Behandlung. Der stationäre Aufenthalt dauerte durchschnittlich 11 Tage.

Die ambulante Behandlung schloß im allgemeinen mit der Gipsabnahme ab. Bei subjektiven Beschwerden oder objektiver Funktionsbeeinträchtigung erfolgten jedoch weitere Kontrollen. In 3 Fällen wurde eine krankengymnastische Behandlung verordnet.

II. Klinische Nachuntersuchung

=====

1.) Methode

=====

Jedes nachzuuntersuchende Kind fragten wir zunächst nach dem Zustand des ehemals gebrochenen Armes. Bei Angabe von subjektiven Beschwerden ließen wir uns diese möglichst genau schildern.

Zur Beurteilung des Behandlungsergebnisses zogen wir unter Anlehnung an MÖRGER und HECKER folgende Kriterien heran:

1. Inspektion: Hautbeschaffenheit, Durchblutungsverhältnisse, Deformität im Sinne der Varus- oder Valgusstellung
2. Schultergelenk: Aktive und passive Beweglichkeit
3. Neurologischer Befund
4. Funktion: Beugung und Streckung im Ellbogen-gelenk, Pro- und Supination (Coxometer)
5. Umfangsbestimmung: Oberarm
6. Prüfung der groben Kraft
7. Röntgenaufnahme in zwei Ebenen (siehe III. Röntgeno-logische Nachuntersuchung, Seite 101).

Die Untersuchung der Kinder fand immer im Vergleich mit dem gesunden Arm statt.

2. Ergebnisse

=====

Von 63 nachuntersuchten Kindern gaben 12 Kinder (14,4 %) subjektive Beschwerden an. 10 Kinder bezeichneten ihre Beschwerden als leicht. 2 Kinder berichteten über starke Schmerzen in der Ellbogen-
gegend. Bei dem einen Kind traten diese Schmerzen in Abhängigkeit vom Witterungswechsel, bei dem anderen bei Belastung auf (Tabelle 36).

Tabelle 36 Subjektive Beschwerden nach konservativer
Therapie der suprakondylären Humerus-
fraktur (N = 63)

<u>Subjektive Beschwerden</u>	<u>Anzahl</u>
Leichte Schmerzen bei Belastung	8
Leichte Schmerzen bei Witterungswechsel	2
Starke Schmerzen bei Belastung	1
Starke Schmerzen bei Witterungswechsel	1
G e s a m t	12
=====	==

a) Inspektion

Die Inspektion ergab bei allen 63 Kindern eine unauffällige Hautbeschaffenheit und normale Durchblutungsverhältnisse. Eine ischämische Muskelkontraktur bestand in keinem Fall.

Wir beobachteten bei 6 Kindern einen Cubitus varus; er betrug bei 2 Kindern bis zu 5 Grad und bei 4 Kindern

bis zu 10 Grad. 3 Kinder zeigten einen vermehrten Cubitus valgus, — ein Cubitus valgus von 10 - 15 Grad ist physiologisch — wobei ein Kind einen vermehrten Valgus bis zu 5 Grad, ein zweites Kind einen vermehrten Valgus bis zu 10 Grad und das dritte Kind einen vermehrten Valgus bis zu 20 Grad aufwies.
(Tabelle 37)

Tabelle 37 Cubitus varus und vermehrter Cubitus valgus bei äußerer Betrachtung nach konservativer Therapie der suprakondylären Humerusfraktur (N = 83)

<u>Befund</u>	<u>Fehlstellung</u>	<u>Anzahl</u>
Cubitus varus	bis 5 Grad	2
	bis 10 Grad	4
		—
	Gesamt	6
	=====	
Vermehrter Cubitus valgus	bis 5 Grad	1
	bis 10 Grad	1
	bis 20 Grad	1
		—
	Gesamt	3
	=====	

Ein Kind mit einem Cubitus varus bis zu 10 Grad und ein anderes Kind mit einem vermehrten Cubitus valgus bis zu 10 Grad gaben bei der Nachuntersuchung starke Schmerzen bei Belastung bzw. Witterungswechsel an. Ein weiteres Kind mit einem Cubitus varus bis zu 5 Grad hatte leichte Schmerzen bei Belastung. Die anderen Kinder mit einem Cubitus varus bzw. vermehrten Cubitus valgus waren vollkommen beschwerdefrei.

b) Schultergelenk

Aktive und passive Beweglichkeit

Die aktive und passive Beweglichkeit des Armes im Schultergelenk war in allen Fällen in Ordnung.

c) Neurologischer Befund

2 Kinder hatten eine primäre Radialisparese, 1 Kind eine primäre Ulnarisparese und 1 weiteres Kind primäre Sensibilitätsstörungen. Sämtliche Paresen und Sensibilitätsstörungen bildeten sich vollkommen zurück.

d) Funktion

Beugung und Streckung, Pro- und Supination

Eine Einschränkung der Beugung im Ellbogengelenk stellten wir bei 6 nachuntersuchten Kindern (7,2 %) fest (s. Tabelle 35). 4 Kinder (4,8 %) wiesen eine Einschränkung der Beugung bis zu 5 Grad auf, 2 Kinder (2,4 %) eine Einschränkung bis zu 10 Grad.

Eine Einschränkung der Streckung (s. Tabelle 36) im Ellbogengelenk beobachteten wir bei 4 Kindern (4,8 %). 2 Kinder zeigten eine Streckhemmung bis zu 5 Grad, 1 Kind bis zu 20 Grad und ein anderes Kind bis zu 30 Grad. Letzteres gab bei der Nachuntersuchung keine subjektiven Beschwerden an.

Tabelle 38 Einschränkung der Beugung und Streckung
nach konservativer Therapie der supra-
kondylären Humerusfrakturen (N = 83)

<u>Ellbogenbewegung</u>	<u>Einschränkung</u>	<u>Anzahl</u>
Beugung	bis zu 5 Grad	4
	bis zu 10 Grad	2
		—
	Gesamt	6
		=====
Streckung	bis zu 5 Grad	2
	bis zu 20 Grad	1
	bis zu 30 Grad	1
		—
	Gesamt	4
		=====

Die Pronation war bei einem Kind, die Supination bei
2 Kindern jeweils geringfügig eingeschränkt (s. Tabelle 39)

Tabelle 39 Einschränkung der Pro- und Supination
nach konservativer Therapie der supra-
kondylären Humerusfraktur (N = 83)

<u>Vorderarmdrehung</u>	<u>Einschränkung</u>	<u>Anzahl</u>
Pronation	gegen Ende der Drehbewegung	1
Supination	gegen Ende der Drehbewegung	2

e) Umfangsbestimmung: Oberarm

Bei 2 Patienten (2,4 %) war der Umfang des frakturierten Humerus im Vergleich zur Gegenseite um 1,5 cm kleiner, bei einem Patienten war er um 1,5 cm größer. Die Umfangsdifferenz der Oberarme betrug in keinem Fall mehr als 1,5 cm (s. Tabelle 40).

Tabelle 40 Umfangsdifferenz der Oberarme nach konservativer Therapie der suprakondylären Humerusfraktur (N = 83)

<u>Umfang des frakturierten Humerus im Vergleich zur Gegenseite</u>		<u>Anzahl</u>
größer :	0,5 cm	10
	1,0 cm	6
	1,5 cm	1
		<u>17</u>
Gesamt :		17
=====		
kleiner:	0,5 cm	11
	1,0 cm	6
	1,5 cm	2
		<u>19</u>
Gesamt :		19
=====		
Keine Differenz		47
G e : a m t		73
=====		==

f) Prüfung der groben Kraft

Die Prüfung der groben Kraft geschah mittels starken Händedrucks von seiten des Kindes. In 4 Fällen (4,8 %) schien bei der Prüfung eine Schwächung vorhanden zu sein. Bei 3 Kindern erschien sie geringgradig, bei einem Kind sehr deutlich ausgeprägt. Letzteres klagte über starke Schmerzen bei Belastung. Die objektive Funktionsprüfung (Beugung, Streckung, Pronation und Supination) zeigte jedoch bei allen 4 Kindern keinerlei Einschränkung.

III. Röntgenologische Nachuntersuchung

=====

1. Übersicht:

=====

Zur Beurteilung der Achsenknickung in der Frontalebene konnte von 83 nachuntersuchten Kindern mit suprakondylärer Humerusfraktur nur bei 38 der Winkel $\angle$ nach BAUMANN (s. S. 19) gemessen werden, da die Epiphysenfugen bei den anderen Kindern zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits geschlossen waren. Bei letzteren wurde deshalb nach Markierung der Humerus-Ulna-Achsen ersatzweise der Humerus-Ulna-Winkel (Röntgen: a.p.) herangezogen. Da der absolut gemessene Winkel $\angle$ (Abb. 11) am gesunden Humerus einen hohen Spielraum (60-79 Grad) hat, wurde außerdem der Winkelunterschied zwischen gesundem und frakturiertem Humerus untersucht. Den Humerus-Ulna-Winkel haben wir ebenfalls vergleichend gemessen.

Die Achsenknickung in der Sagittalebene wurde anhand des Humerus-Trochlea-Winkels (Abb. 12) beurteilt. Auch hier zeigte ein Vergleich des Humerus-Trochlea-Winkels mit der Gegenseite am besten, ob es sich um eine Deformierung im Sinne einer Ante- bzw. Rekurvation des Humerus handelt.

Bei der Beurteilung der Röntgenbilder wurde regelmäßig auf die Kallusbildung geachtet.

Um mögliche wachstumsveränderungen nach suprakondylären Humerusfrakturen zu erkennen, haben wir Ober- und Unterarm der betroffenen Extremität sowie des gesunden Armes unter radiologisch exakten Standardbedingungen auf einen Röntgenfilm aufgenommen und ausgemessen. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet.

2. Röntgenologische Nachuntersuchungsergebnisse

=====

- a) Achsenknickung in der Frontalebene,
gemessen anhand des:
-

A. Winkel $\angle$ nach BAUMANN (s. S. 19)

- - - - -

B. Humerus - Ulna - Winkels

- - - - -

(als Ersatz für den nicht meßbaren Winkel $\angle$
bei geschlossenen Epiphysenfugen)

zu A. (Winkel $\angle$ nach BAUMANN)

=====

Bei 38 Kindern konnte der Winkel $\angle$ nach BAUMANN (s. S. 19) gemessen werden. Am unverletzten Humerus zeigte er eine Schwankungsbreite von 60 bis 79 Grad. Der Durchschnittswert des Winkels $\angle$ — gemessen bei 24 Knaben und 14 Mädchen — am unverletzten Humerus betrug 70 Grad.

Die Absolut-Messungen des Winkels $\angle$ am frakturierten Humerus sind aus Tabelle 41 ersichtlich. Der Winkel $\angle$ wies am frakturierten Humerus Werte von 60 bis 95 Grad auf. 21 Kinder hatten am frakturierten Humerus einen Winkel $\angle$ zwischen 70 und 75 Grad.

Tabelle 41 Der Winkel $\angle$ nach BAUMANN des frakturierten
Humerus bei 38 konservativ behandelten
suprakondylären Humerusfrakturen

Winkel	(Grad)	Zahl der Fälle	Geschlecht	
			Knaben	Mädchen
60 - 64		1	1	-
65 - 69		6	4	2
70 - 75		21	13	8
76 - 80		5	3	2
81 - 85		3	2	1
86 - 90		1	-	1
91 - 95		1	1	-
G e s a m t		38	24	14
=====		=====	=====	=====

Die Abweichungen des Winkels $\angle$ am frakturierten Humerus im Seitenvergleich zeigt Tabelle 42. Bei 24 Kindern fanden wir am frakturierten Humerus eine Vergrößerung des Winkels $\angle$, bei 10 Kindern eine Verkleinerung und bei 4 Kindern keine Abweichung.

2 Kinder wiesen eine Vergrößerung des Winkels $\angle$ bis zu 25 Grad auf. Beide Patienten hatten keine subjektiven Beschwerden. Die objektive Funktionsprüfung ergab jedoch bei dem einen Patienten eine Einschränkung der Supination gegen Ende der Drehbewegung, bei dem anderen eine Einschränkung der Beugung um 10 Grad. Die Inspektion zeigte bei beiden Patienten einen Cubitus varus; er betrug bei dem einen 5 Grad, bei dem anderen 10 Grad.

Tabelle 42 Die Abweichung des Winkels $\angle$ nach
BAUMANN am frakturierten Humerus im
Seitenvergleich bei 38 konservativ
behandelten suprakondylären Humerus-
frakturen.

<u>Abweichung des Winkels $\angle$ nach BAUMANN am frakturierten Humerus</u>		<u>Zahl der Fälle</u>
Winkel $\angle$ wird größer	1 - 5 Grad	14
(Achsenknickung im Varus-Sinn)	6 - 10 Grad	6
	11 - 15 Grad	1
	16 - 20 Grad	1
	21 - 25 Grad	2
Gesamt		24
=====		==
Winkel $\angle$ wird kleiner	1 - 5 Grad	7
(Achsenknickung im Valgus-Sinn)	6 - 10 Grad	3
Gesamt		10
=====		==
Keine Abweichung		4
G e s a m t		3
=====		==

zu B. (Humerus - Ulna - Winkel)

=====

Bei 40 Kindern — 23 Knaben und 17 Mädchen — wurde zur Beurteilung der Achsenknickung in der Frontalebene der im Vergleich zum Winkel $\angle$ nach BAUMANN ungenauere Humerus-Ulna-Winkel verwandt, da der Winkel $\angle$ bei geschlossenen Epiphysenfugen nicht mehr meßbar war. Nach Markierung der Humerus-Ulna-Achsen und anschließender Prüfung des Humerus-Ulna-Winkels haben wir die möglichen Abweichungen des Humerus-Ulna-Winkels am gebrochenen Arm im Seitenvergleich gemessen (s. Tabelle 43). Der Durchschnittswert des Humerus-Ulna-Winkels am unverletzten Arm betrug 167 Grad.

Bei 19 Kindern fanden wir am gebrochenen Arm eine Vergrößerung des Humerus-Ulna-Winkels, bei 16 Kindern eine Verkleinerung und bei 5 Kindern keine Abweichung.

Ein Kind zeigte am gebrochenen Arm eine Vergrößerung des Humerus-Ulna-Winkels von 31 Grad. Das Kind hatte jedoch keine subjektiven Beschwerden. Die objektive Funktionsprüfung ergab am gebrochenen Arm eine Einschränkung der Beugung um 5 Grad. Streckung, Pro- und Supination waren nicht eingeschränkt. Bei der Inspektion konnten wir bei diesem Kind einen Cubitus varus von 10 Grad feststellen.

Tabelle 43 Die Abweichung des Humerus - Ulna - Winkels
(Röntgen: a.p.) am gebrochenen Arm im
Seitenvergleich bei 40 konservativ behandel-
ten suprakondylären Humerusfrakturen

Abweichung des Humerus-Ulna-Winkels am gebrochenen Arm		Zahl der Fälle
Humerus - Ulna - Winkel	1 - 5 Grad	8
wird größer	6 - 10 Grad	6
(Achsenknickung im Varus-Sinn)	11 - 15 Grad	2
	16 - 20 Grad	2
	21 - 25 Grad	-
	26 - 30 Grad	-
	31 Grad	1
Gesamt		19
=====		==
Humerus - Ulna - Winkel	1 - 5 Grad	9
wird kleiner	6 - 10 Grad	4
(Achsenknickung im Valgus-Sinn)	11 - 15 Grad	3
Gesamt		16
=====		==
Keine Abweichung		5
G e s a m t		40
=====		==

Zusammenfassende Beurteilung der röntgenologischen
Nachuntersuchungsergebnisse hinsichtlich der Achsen-
knickung in der Frontalebene:

Durch Röntgenuntersuchungen im Seitenvergleich haben wir Varusdeformitäten (s. Abb. 21 d) bis zu einem Maximum von 25 Grad -in einem Fall bis 31 Grad- bei 43 Patienten (55,1 %) festgestellt, Valgusdeformitäten (s. Abb. 21 f) bis zu einem Maximum von 15 Grad über die physiologische Valgusstellung hinaus bei 26 Patienten (33,3 %). Eine achsengerechte Stellung in der Frontalebene zeigten 9 Patienten (11,5 %).



Abb. 21 d VARUSDEFORMITÄT bei einem 7 Jahre alten Jungen nach einer konservativ behandelten suprakondylären Humerusfraktur rechts: Abweichung um 23 Grad von der nicht frakturierten Vergleichsseite (s. Abb. 21 e)



Abb. 21 e Nicht frakturierte Vergleichsseite zu Abb. 21 d



Abb. 21 f VALGUSDEFORMITÄT bei einem 16 Jahre alten Mädchen nach einer konservativ behandelten suprakondylären Humerusfraktur rechts: Abweichung um 12 Grad von der nicht frakturierten Vergleichsseite (s. Abb. 21 g)



Abb. 21 g Nicht frakturierte Vergleichsseite zu Abb. 21 f

- b) Achsenknickung in der Sagittalebene, gemessen anhand des Humerus - Trochlea - Winkels (s. S. 20)
-

Der Humerus - Trochlea - Winkel (Abb. 12) wurde bei 30 Kindern am verletzten und unverletzten Oberarm gemessen. Er zeigte am unverletzten Oberarm eine Schwankungsbreite von 30 bis 55 Grad. Der Durchschnittswert des Humerus - Trochlea - Winkels am unverletzten Oberarm betrug 43 Grad.

Messungen des Humerus - Trochlea - Winkels im Seitenvergleich ließen erkennen, ob es sich bei dem frakturierten Humerus um eine Deformität im Sinne einer Ante- bzw. Rekurvatur oder um eine achsengerechte Stellung handelte (s. Tabelle 44).

Unter Antekurvatur versteht man eine Abweichung des Humerus - Trochlea - Winkels im Sinne einer Verkleinerung des Winkels (s. Abb. 12, S. 20), unter Rekurvatur eine Abweichung im Sinne einer Vergrößerung des Winkels.

42 Kinder zeigten am frakturierten Humerus eine Antekurvatur, 20 Kinder eine Rekurvatur und 18 Kinder eine achsengerechte Stellung.

Bei 3 Kindern fanden wir eine Antekurvatur bis zu 20 Grad, bei einem Kind eine Rekurvatur bis zu 25 Grad. Keines dieser 4 Kinder wies eine Einschränkung in Beugung, Streckung, Pro- und Supination auf. Subjektive Beschwerden fehlten ebenfalls.

Tabelle 24 Die Abweichung des Humerus - Trochlea -
Winkels am frakturierten Humerus im
Seitenvergleich bei 80 konservativ be-
handelten supracondylären Humerusfrakturen

<u>Abweichung des Humerus-Trochlea- Winkels am frakturierten Humerus</u>		<u>Zahl der Fälle</u>
Humerus - Trochlea - Winkel	1 - 5 Grad	18
wird kleiner	6 - 10 Grad	16
(Antekurvation)	11 - 15 Grad	5
	16 - 20 Grad	3
	Gesamt	42
	=====	==
Humerus - Trochlea - Winkel	1 - 5 Grad	10
wird größer	6 - 10 Grad	6
(Rekurvation)	11 - 15 Grad	3
	16 - 20 Grad	-
	21 - 25 Grad	1
	Gesamt	20
	=====	==
Keine Abweichung		18
G e s a m t		80
=====		==

Zusammenfassende Beurteilung der röntgenologischen
Nachuntersuchungsergebnisse hinsichtlich der
Achsenknickung in der Sagittalebene:

Durch Röntgenuntersuchungen im Seitenvergleich beobachteten wir eine Antekurvation (s. Abb. 21 h) bis zu einem Maximum von 20 Grad bei 42 nachuntersuchten Patienten (52,5 %) und eine Rekurvation (s. Abb. 21 k) - über die physiologische Rekursionsstellung hinaus - bis zu einem Maximum von 25 Grad bei 20 Patienten (25 %). Eine achsengerechte Stellung in der Sagittalebene fanden wir bei 18 Patienten (22,5 %).



Abb. 21 h ANTEKURVATION bei einem 9 Jahre alten Jungen
nach einer konservativ behandelten suprakondy-
lären Humerusfraktur links: Abweichung um 17 Grad
von der nicht frakturierten Vergleichsseite
(s. Abb. 21 i)

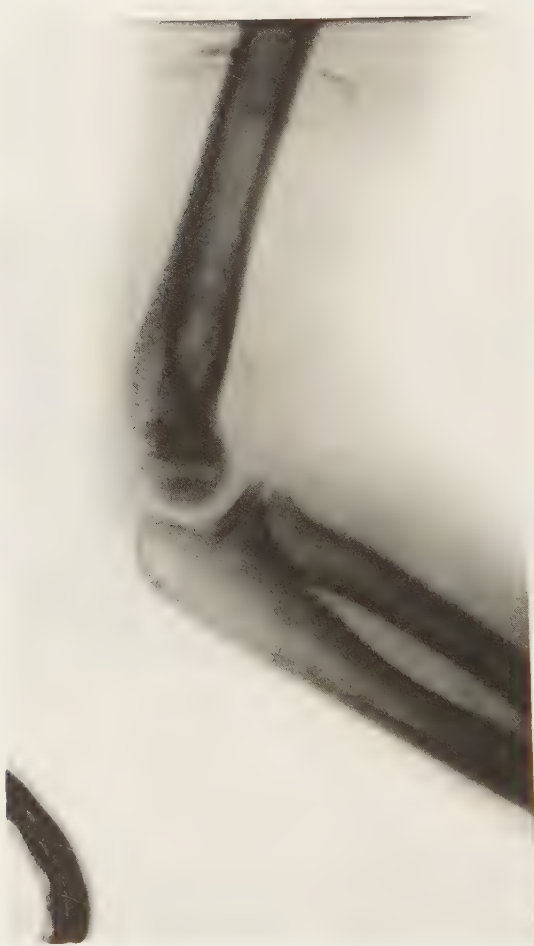


Abb. 21 i Nicht frakturierte Vergleichsseite zu Abb. 21 h

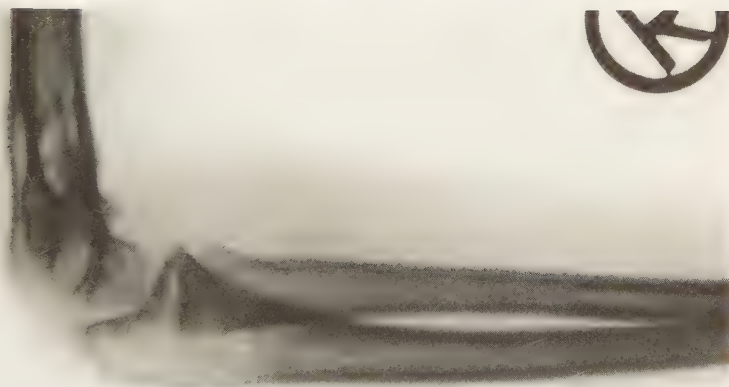


Abb. 21 1 REKURVATION bei einem 11 Jahre alten Jungen nach einer konservativ behandelten suprakondylären Humerusfraktur rechts: Abweichung um 23 Grad von der nicht frakturierten Vergleichsseite (s. Abb. 21 1)



Abb. 21 l Nicht frakturierte Vergleichsseite zu Abb. 21 k

c) Kallusbildung

Bei 3 Kindern beobachteten wir auf den Röntgenbildern eine starke Kallusbildung. 2 dieser Kinder klagten über subjektive Beschwerden bei Belastung, von denen 1 Kind eine Einschränkung der Streckung bis zu 20 Grad aufwies.

d) Längenmessungen der verletzten Extremität im
Seitenvergleich und statistische Auswertung

Die röntgenologischen Längenmessungen wurden unter Anleitung von Herrn Dr. med. Helmut FENDEL, Leiter der Röntgenabteilung der Kinderchirurgischen Klinik und Kinderklinik der Universität München, durchgeführt.

FENDEL: "Das Hauptgewicht ist dabei auf eine Längenvergleichsmessung zwischen der frakturierten und der gesunden Extremität gelegt worden. Wir bedienten uns der Vergleichsradiographie ohne Vergleichsmaßstab (Taillard). Bei diesen Aufnahmen konnte der auftretende Verzeichnungsfehler vernachlässigt werden, da er klein und für beide Seiten gleich war. Folgende Knochenlängen wurden röntgenologisch nach dieser Methode bestimmt: Humerus, Ulna, Radius, Os metacarpale (Mittelstrahl), Grund-, Mittel- und Endphalanx (Mittelstrahl). Als Knochenlänge galt die größte Distanz zwischen proximalem und distalem Epiphysenende. Endpunkte der Messungen bildete also jeweils die äußerste Begrenzung der Epiphyse.

Bei der Fehlstellung der eventuellen effektiven Wachstumszunahme nach einer Fraktur wurde die primäre Verkürzung zum Zeitpunkt der Frakturheilung nicht berücksichtigt. Es wird in der Arbeit also nur die absolute (effektive) Verlängerung gemessen, die zur Zeit der Nachuntersuchung festgestellt wurde. Dabei wird jedoch vorausgesetzt, daß zum Zeitpunkt des Traumas die zu vergleichenden frakturierten und nicht frakturierten Knochenabschnitte gleich lang waren.

Unter radiologisch exakten Standardbedingungen wurden jeweils beide Handwurzelskelette auf einen Röntgenfilm aufgenommen. Dieses Standardradiogramm der Handwurzel wird vergrößert und die Projektionsfläche von 10 Handwurzelknochen (7 Carpalia außer dem Os pisiforme, ferner Daumen-, Radius- Ulna-epiphyse) planimetrisch ausgemessen. Der Mittelwert dieser Flächen ergibt das karpometrische Knochenalter."

D A T E N V E R A R B E I T U N G

Es wurden an 83 Kindern die Längendifferenzen zwischen gesundem und frakturiertem Arm gemessen; als Vergleich wurde der gesunde Arm genommen und damit verbundene Stichproben erhoben. Aus den Verlängerungen bzw. Verkürzungen von Humerus, Ulna, Radius, Handwurzelknochen, os metacarpale (Mittelstrahl), Phalanx I - III (Mittelstrahl) wurden folgende statistische Größen berechnet:

Mittelwert, Streuung und Konfidenzintervall

Unter dem Begriff Konfidenzintervall versteht man ein Zufallsintervall, das den wahren, aber unbekannten Mittelwert der Gesamtpopulation mit der vorgegebenen Vertrauenswahrscheinlichkeit enthält. Für die Vertrauenswahrscheinlichkeit des Konfidenzintervalls wurde in allen Fällen $p = 0,99 = 99\%$ gewählt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt folglich $1 - p = \alpha = 0,01 = 1\%$. Der gesuchte Mittelwert liegt zwischen den Konfidenzgrenzen:

$$\bar{x} \pm \frac{t \cdot s}{N}$$

s = Streuung

N = Anzahl

$\bar{x}$ = Mittelwert

mit t_{n-1} ; α (Faktor der Student-Verteilung)

Erläuterung zu den Diagrammen

GRAPHISCHE BEURTEILUNG

I Humerus:

Der Mittelwert $\bar{x}$ und die Streuung s lassen eine signifikante Verlängerung vermuten. Die Null-Linie liegt außerhalb des Konfidenzbereiches.

II Radius, Ulna, Handwurzelknochen, os metacarpale Phalanx I - III

Die einzelnen Mittelwerte $\bar{x}$ und Streuungen s lassen keine signifikante Verlängerung bzw. Verkürzung vermuten. Die Null-Linie liegt innerhalb des Konfidenzbereiches.

Aus den gezeichneten Zufallsintervallen, die symmetrisch um den Mittelwert liegen, kann entnommen werden, daß es sich bei Nichtüberdeckung mit der Null-Linie um eine Verlängerung bzw. Verkürzung handelt. Bei Überdeckung kann nicht unbedingt ein gegenteiliger Schluß gezogen werden.

Um ein gesichertes statistisches Ergebnis zu erhalten, wurde in unserem Fall der WILCOXON-TEST für Paardifferenzen und verbundene Stichproben angewandt.

SIGNIFIKANZBERECHNUNG nach Anwendung des WILCOXON-TESTES für Paardifferenzen

EINFÜHRUNG: (nach Lothar SACHS)

Ein besonders geeigneter Test für den Vergleich zweier abhängiger Stichproben (in unserem Fall: frakturierter und nichtfrakturierter Arm des Kindes!) ist der Rang-Vorzeichen-Test von Wilcoxon bei nicht normalverteilten Differenzen. Er ist ein nichtparametrischer Test und gilt ebenso für normalverteilte Differenzen. Seine Effizienz liegt für große und kleine Stichprobenumfänge bei 95 %.

Geprüft wird die Nullhypothese:

Beide verbundenen Stichproben entstammen der gleichen Grundgesamtheit: Die Verteilungsfunktionen sind gleich: $F_1(x) = F_2(x)$. Diese Hypothese umfaßt natürlich auch die Gleichheit der zentralen Tendenz: $\tilde{\mu}_1 = \tilde{\mu}_2$ sowie $\mu_1 = \mu_2$. Von Paaren mit gleichen Einzelwerten abgesehen, bildet man für die restlichen n Wertepaare die Differenzen:

$$d_i = x_{i1} - x_{i2}$$

und bringt die absoluten Beträge $|d_i|$ in eine ansteigende Rangordnung: Der kleinste erhält die Rangzahl 1, und der größte die Rangzahl n . Bei jeder Rangzahl wird notiert, ob die zugehörige Differenz ein positives oder negatives Vorzeichen aufweist. Man bildet die Summe der positiven und der negativen Rangzahlen ($\hat{R}_p$ und $\hat{R}_n$), kontrolliert sie nach $\hat{R}_p + \hat{R}_n = n \cdot \frac{(n+1)}{2}$ und benutzt als Testgröße die kleinere der beiden Rangsummen ($\hat{R}$). Die Nullhypothese wird verworfen, wenn der berechnete $\hat{R}$ -Wert kleiner oder gleich dem kritischen Wert $R(n; \alpha)$ ist, der aus einer speziellen "Kritische-Wert-Tabelle" aus R.L. McCornack entnommen werden kann.

BEISPIELE

I H U M E R U S (Abb. 22 a, b)

N = 54
 $\bar{x}$ = 5,80
s = 5,20

Es wurden an 54 Kindern Längendifferenzen zwischen dem Humerus des gesunden und des frakturierten Armes gemessen.

Test an der Normalverteilung

Die Anzahl der Differenzen insgesamt: 54

Reduzierte Anzahl ist: 50

(denn die Anzahl der Null Differenzen beträgt : 4)

Die gemessene kleinere Rangsumme $\hat{R}$ beträgt: 50,5 ($\hat{R}$ gemessen)

Der kritische Wert $R(n; \alpha)$ wird aus der McCornack-Tabelle entnommen: für die reduzierte Anzahl $n = 50$ bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 1\%$ beträgt der kritische Wert $R(n; \alpha) = 373$ (R_{kritisch})

Geprüft wird jetzt die Nullhypothese:

$\hat{R}_{\text{gemessen}} \leq R_{\text{kritisch}}$ Nullhypothese wird verworfen

$\hat{R}_{\text{gemessen}} = 50,5 < R_{\text{kritisch}} = 373$

Erläuterung:

Die Nullhypothese wird verworfen, da $\hat{R}_{\text{gemessen}}$ kleiner ist als R_{kritisch}

Ergebnis: Die Verlängerung des Humerus nach einer supra-kondylären Fraktur ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 1\%$ signifikant. (Man vergleiche das Diagramm von Humerus). Unterstützt wird dieses Ergebnis von der approximativen Testgröße nach Cureton (mit Kendall). Sie beträgt hier: 5,852796. Bei der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit $= 1\%$ läßt sich auch hier eine

signifikante Verlängerung aus der entsprechenden Tabelle von Lothar Sachs ermitteln.

Die anderen Berechnungen durch den Computer bestätigen nur oben ermitteltes Ergebnis und bedürfen deshalb keiner ausführlichen Erläuterung:

Erwartungswert	=	637,5
Testgröße nach Pfanzagl	=	587,0
Appr. normalvert. Testgröße	=	5,666474
Appr. Testgröße korr. nach Cureton	=	5,847964
Appr. Testgröße korr. nach Kendall	=	5,672358

Es treten Bindungen auf:

Anzahl der Bindungen insgesamt	=	11
Anzahl der paarweisen Bindungen	=	3
Anzahl der dreifachen Bindungen	=	0
Anzahl der vierfachen Bindungen	=	3
Anzahl der n-fachen Bindungen	=	5 ($n > 4$)
Prozentzahl der Beobachtungen in Bindungen	=	92,00

Die Bindungen bedeuten Abhängigkeiten der Werte untereinander.

Die Bindungen werden bei den Korrekturen berücksichtigt.

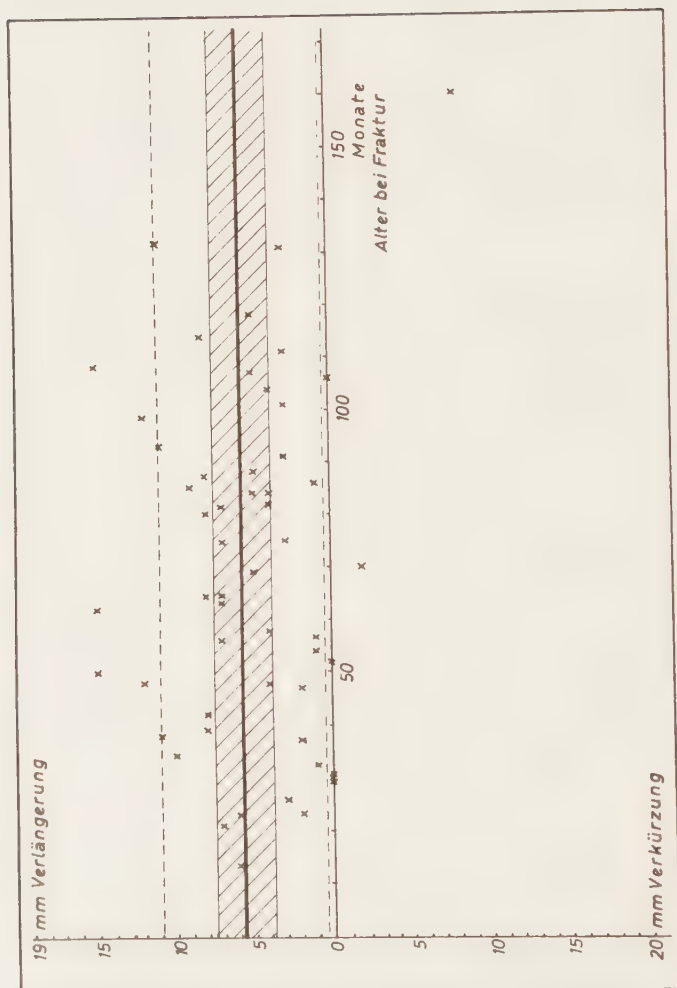


Abb. 22a. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen des Humerus, abhängig vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Fraktur

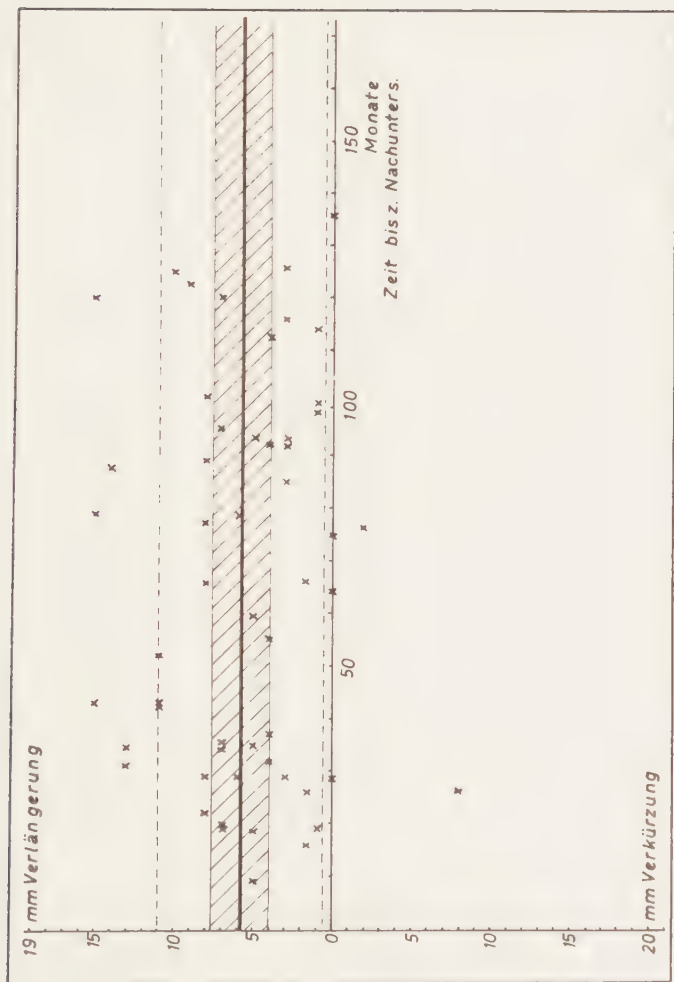


Abb. 22b. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen des Humerus, abhängig vom Zeitintervall zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

II ULNA (Abb. 23 a, b)

N = 55
 $\bar{x}$ = -0,30
 s = 2,09

Es wurden an 55 Kindern Längendifferenzen zwischen der Ulna des gesunden und des frakturierten Armes gemessen.

Anzahl der Differenzen insgesamt	= 55
Anzahl der Nulldifferenzen	= 15
Reduzierte Anzahl	= 40
$\hat{R}_{\text{gemessen}}$	= 322,5
R_{kritisch}	= 220

FOLGLICH:

$\hat{R}_{\text{gemessen}} > R_{\text{kritisch}}$: Nullhypothese kann nicht verworfen werden.

Ergebnis: Die Verkürzung der Ulna (siehe Diagramm) ist mit $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant.

Die appr. Testgröße, korrigiert nach Cureton (mit Kendall) = -1,128287, bestätigt mit ebenfalls $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit oben gemachte Aussage.

Die anderen Berechnungen durch den Computer lauten:

Erwartungswert	= 410,0
Testgröße	= - 87,5
Appr. normalvert. Testgröße	= -1,176113
Appr. Testgröße, korr. nach Cureton	= -1,122437
Appr. Testgröße, korr. nach Kendall	= -1,191731

Es treten Bindungen auf:

Anzahl der Bindungen insgesamt	= 5
Anzahl der paarweisen Bindungen	= 0
Anzahl der dreifachen Bindungen	= 2
Anzahl der vierfachen Bindungen	= 0
Anzahl der n-fachen Bindungen	= 3 (n > 4)
Prozentzahl der Beobachtungen in Bindungen	= 100,00

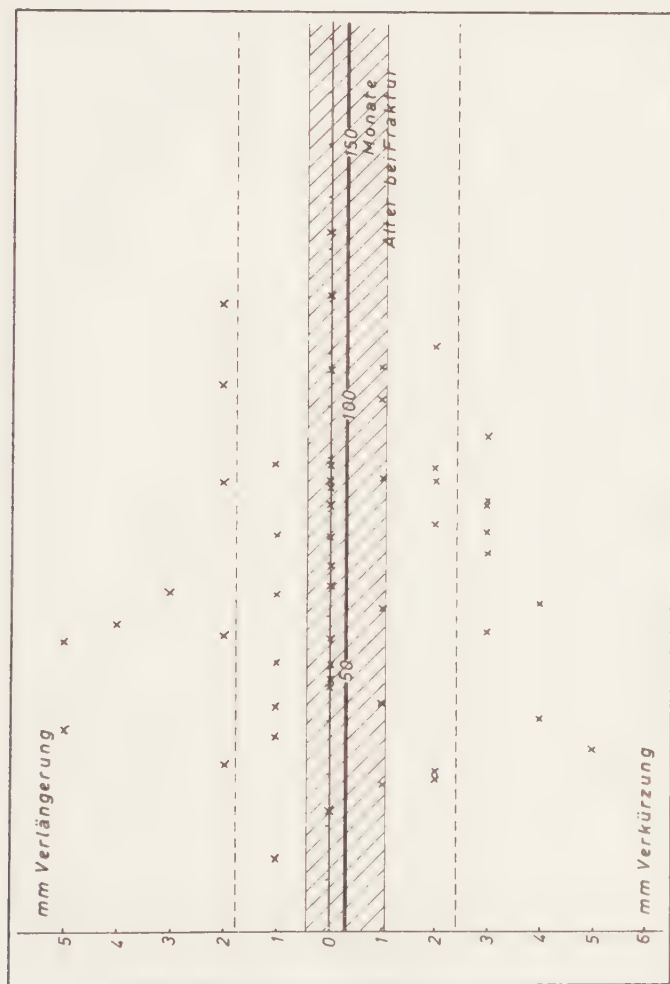


Abb. 23a. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessung der Ulna, abhängig vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Fraktur

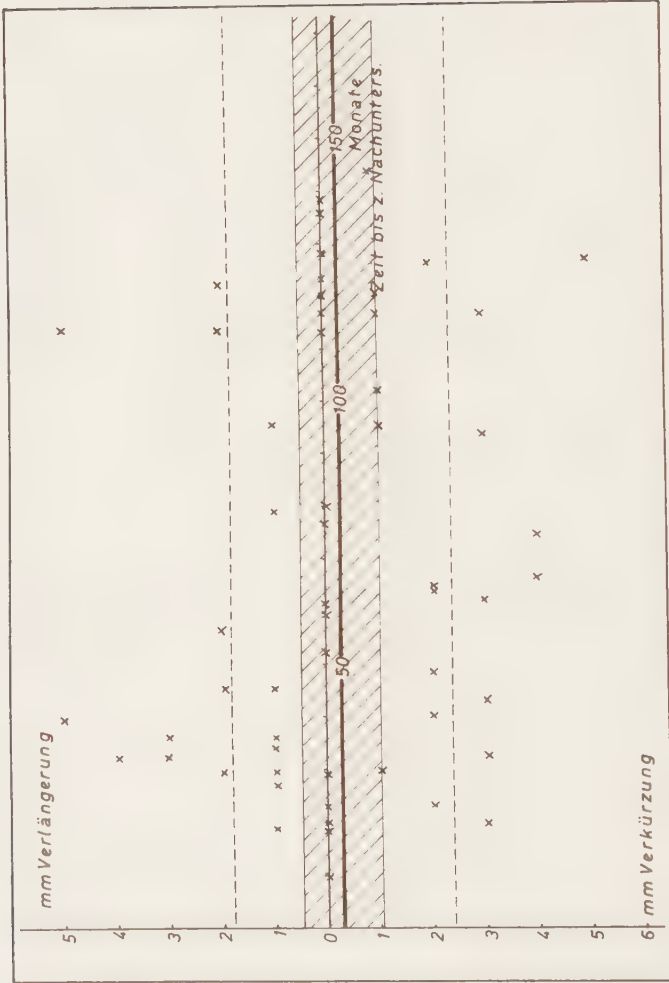


Abb. 23b. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen der Ulna, abhängig vom Zeitintervall zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

III RADIUS

(Abb. 24 a, b)

$$\begin{aligned} N &= 72 \\ \bar{x} &= 0,014 \\ s &= 2,60 \end{aligned}$$

Es wurden an 72 Kindern Längendifferenzen zwischen dem Radius des gesunden und des frakturierten Armes gemessen.

Anzahl der Differenzen insgesamt = 72

Anzahl der Null Differenzen = 15

Reduzierte Anzahl = 57

$$\hat{R}_{\text{gemessen}} = 861$$

$$R_{\text{kritisch}} = 504$$

FOLGLICH:

$\hat{R}_{\text{gemessen}} > R_{\text{kritisch}}$: Nullhypothesen kann nicht verworfen werden.

Ergebnis: Die Verlängerung des Radius (siehe Diagramm) ist mit $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant. Die appr. Testgröße korrig. nach Cureton (mit Kendall) = -0,152748 bestätigt mit ebenfalls $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit oben gemachte Aussage.

Die anderen Berechnungen durch den Computer lauten:

$$\begin{aligned} \text{Erwartungswert} &= 826,5 \\ \text{Testgröße} &= -34,5 \\ \text{Appr. normalvert. Testgröße} &= -0,274110 \\ \text{Appr. Testgröße korr. nach Cureton} &= -0,152261 \\ \text{Appr. Testgröße korr. nach Kendall} &= -0,275860 \end{aligned}$$

Es treten Bindungen auf:

$$\begin{aligned} \text{Anzahl der Bindungen insgesamt} &= 5 \\ \text{Anzahl der paarweisen Bindungen} &= 0 \\ \text{Anzahl der dreifachen Bindungen} &= 0 \\ \text{Anzahl der vierfachen Bindungen} &= 0 \\ \text{Anzahl der n-fachen Bindungen} &= 5 \quad (n > 4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Prozentzahl der Beobachtungen in Bindungen} &= 98,25 \end{aligned}$$

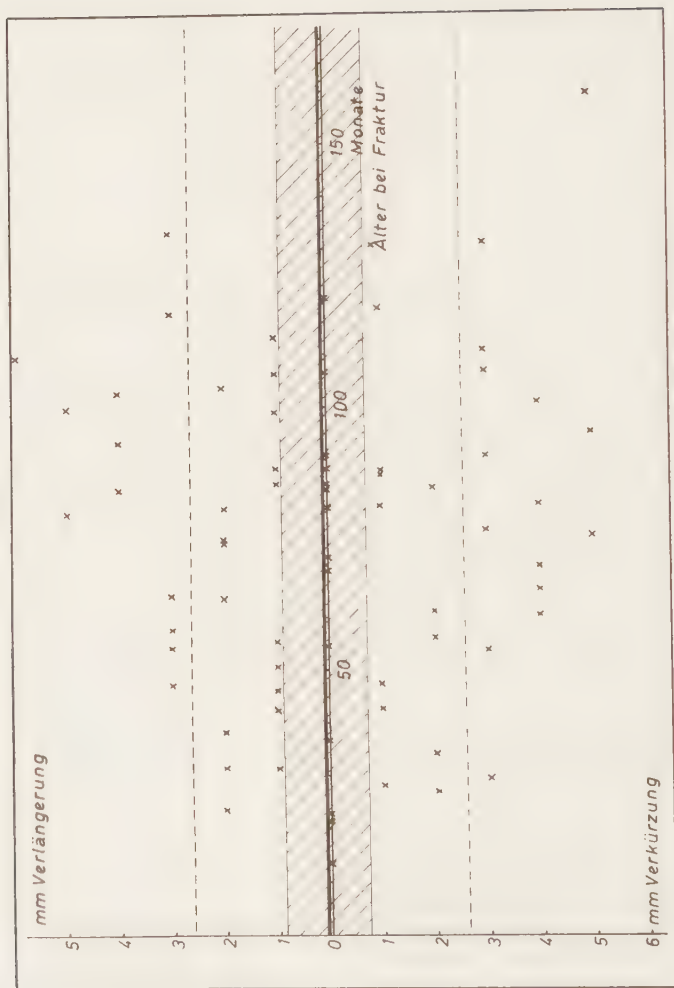


Abb. 24a. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen des Radius, abhängig vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Fraktur

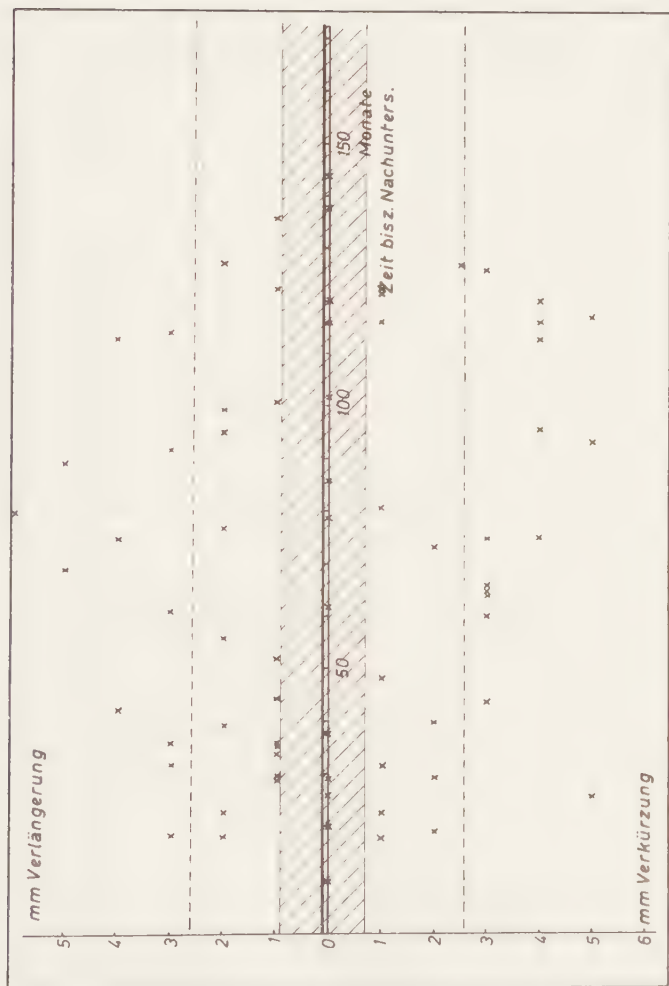


Abb. 24b. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen des Radius, abhängig vom Zeitintervall zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

IV	<u>HANDWURZELKNOCHEN</u>	(Abb. 25 a,b)	N	=	76
			$\bar{x}$	=	-3,17
			s	=	66,26

Es wurden an 76 Kindern Größendifferenzen (in mm²) zwischen den planimetrierten Handwurzelknochen des gesunden und frakturierten Armes gemessen.

Anzahl der Differenzen insgesamt	=	76
Anzahl der Null Differenzen	=	0
Reduzierte Anzahl	=	76

$$\hat{R}_{\text{gemessen}} = 1474$$

$$R_{\text{kritisch}} = 968$$

FOLGLICH: $\hat{R}_{\text{gemessen}} > R_{\text{kritisch}}$: Nullhypothese kann nicht verworfen werden

Ergebnis: Die Verkleinerung der Handwurzelknochen (siehe Diagramm) ist mit $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant. Die appr. Testgröße, korr. nach Cureton (mit Kendall) = -0,056951 bestätigt mit ebenfalls $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit oben gemachte Aussage

Die anderen Berechnungen durch den Computer lauten:

Erwartungswert	=	1463,0
Testgröße	=	- 11,0
Appr. normalvert. Testgröße	=	-0,056951
Appr. Testgröße korr. nach Cureton	=	-0,056951
Appr. Testgröße korr. nach Kendall	=	-0,056951

Es treten Bindungen auf:

Anzahl der Bindungen insgesamt	=	6
Anzahl der paarweisen Bindungen	=	6
Anzahl der dreifachen Bindungen	=	0
Anzahl der vierfachen Bindungen	=	0
Anzahl der n-fachen Bindungen	=	0 (n > 4)

Prozentzahl der Beobachtungen in Bindungen	=	15,79
--	---	-------

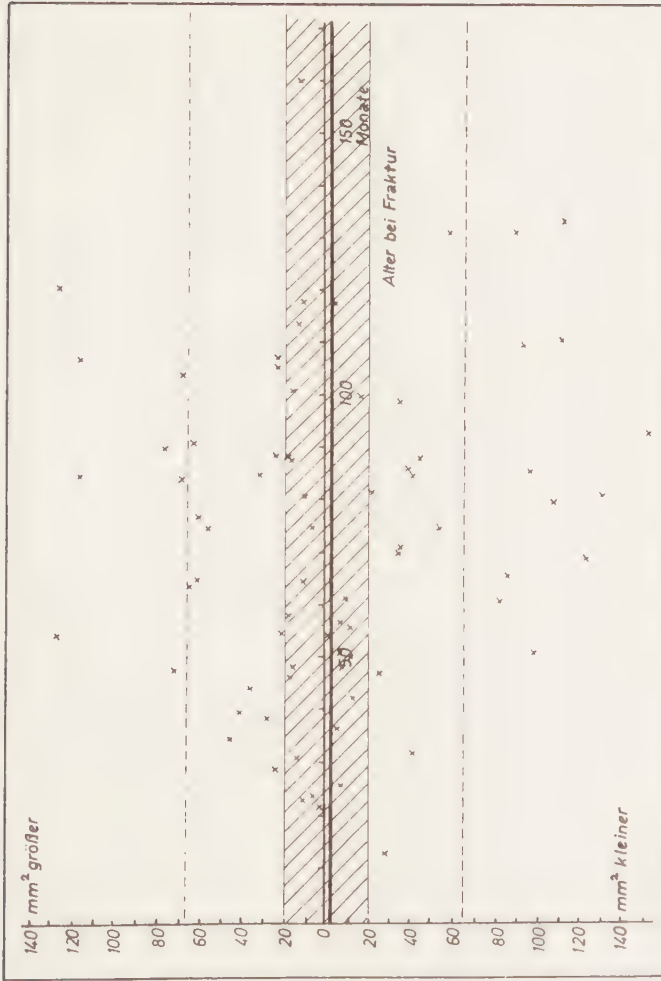


Abb. 25a. Ergebnis der röntgenologischen Flächenmessungen der Handwurzelknochen, abhängig vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Fraktur

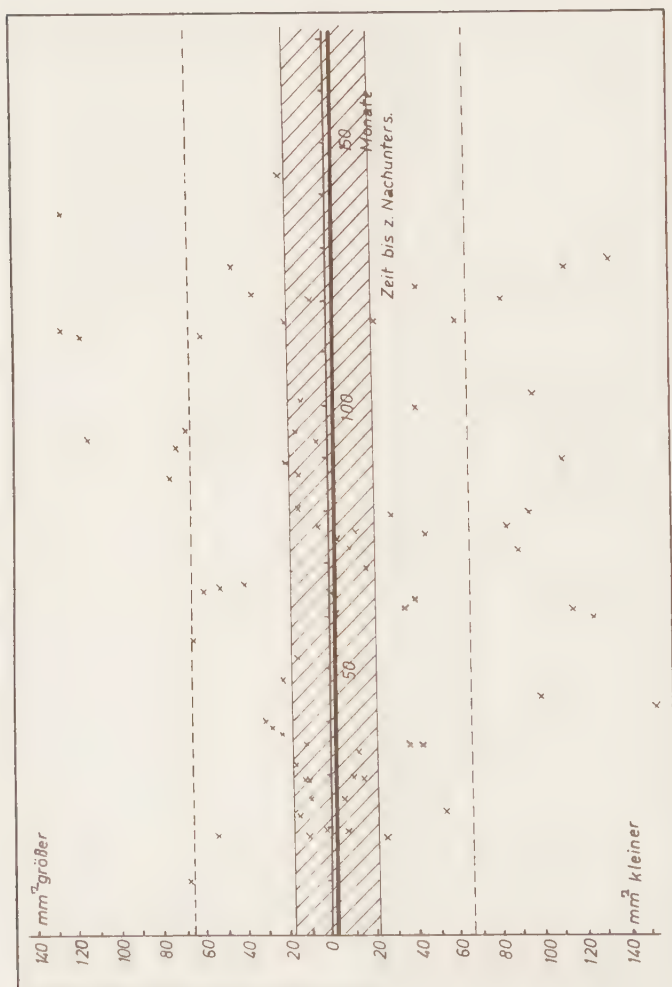


Abb. 25b. Ergebnis der röntgenologischen Flächenmessungen der Handwurzelknochen, abhängig vom Zeitintervall zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

V	<u>OS METACARPALE (Mittelstrahl) (Abb. 26 a,b)</u>	N	=	80
		$\bar{x}$	=	0,24
		s	=	1,63

Es wurden an 80 Kindern Längendifferenzen zwischen dem Os metacarpale des gesunden und frakturierten Armes gemessen.

Anzahl der Differenzen insgesamt	=	80
Anzahl der Null Differenzen	=	38
Reduzierte Anzahl	=	42

$$R_{\text{gemessen}}^{\wedge} = 354$$

$$R_{\text{kritisch}} = 233$$

FOLGLICH: $R_{\text{gemessen}}^{\wedge} > R_{\text{kritisch}}$: Nullhypothese kann nicht verworfen werden

Ergebnis: Die Verlängerung des os metacarpale (siehe Diagramm) ist mit $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant. Die appr. Testgröße korrr. nach Cureton (mit Kendall) = 1,280578 bestätigt mit ebenfalls $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit oben gemachte Aussage.

Die anderen Berechnungen durch den Computer lauten:

Erwartungswert	=	451,5
Testgröße	=	97,5
Appr. normalvert. Testgröße	=	1,219107
Appr. Testgröße korrr. nach Cureton	=	1,268029
Appr. Testgröße korrr. nach Kendall	=	1,298126

Es treten Bindungen auf:

Anzahl der Bindungen insgesamt	=	2
Anzahl der paarweisen Bindungen	=	0
Anzahl der dreifachen Bindungen	=	0
Anzahl der vierfachen Bindungen	=	0
Anzahl der n-fachen Bindungen	=	2 (n > 4)

Prozentzahl der Beobachtungen in Bindungen = 95,24

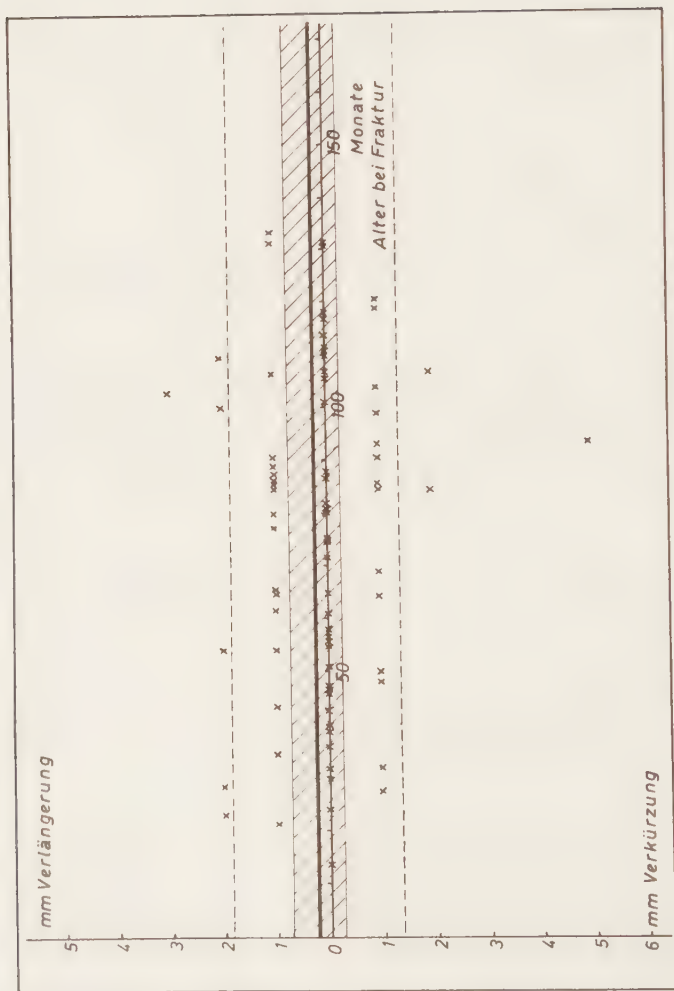


Abb. 26a. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessung des Os metacarpale (Mittelstrahl), abhängig vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Fraktur

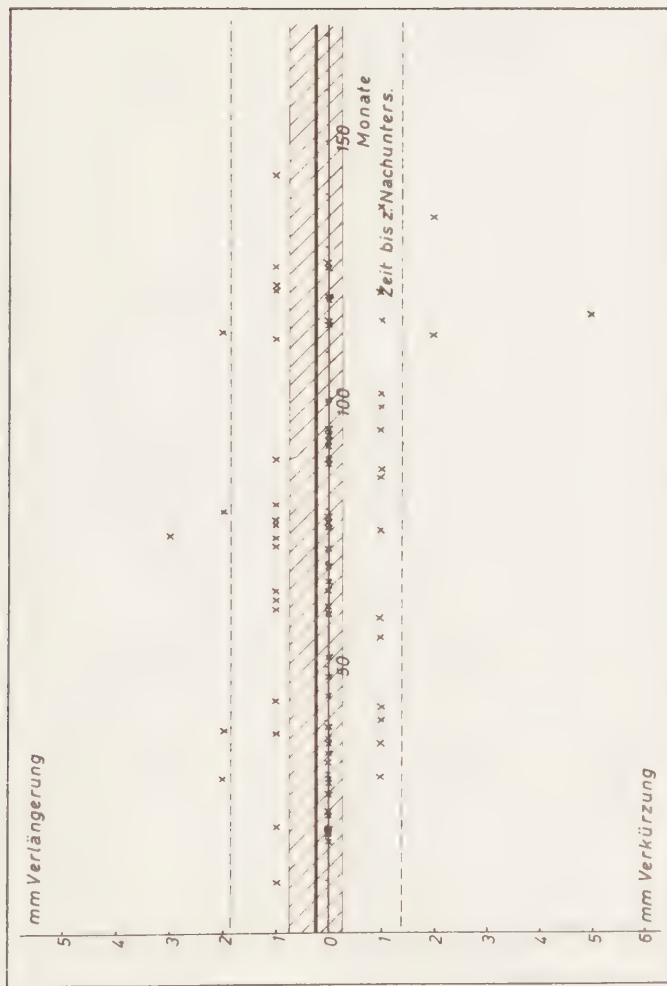


Abb. 26b. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen des Os metacarpale (Mittelstrahl), abhängig vom Zeitintervall zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

VI PHALANX I (Mittelstrahl) (Abb. 27 a,b)

N	=	79
$\bar{x}$	=	-0,11
s	=	0,58

Es wurden an 79 Kindern Längendifferenzen zwischen dem Phalanx I des gesunden und des frakturierten Armes gemessen.

Anzahl der Differenzen insgesamt	= 79
Anzahl der Null Differenzen	= 55
Reduzierte Anzahl	= 24

$\hat{R}_{\text{gemessen}} = 96$

$R_{\text{kritisch}} = 61$

FOLGLICH: $\hat{R}_{\text{gemessen}} > R_{\text{kritisch}}$: Nullhypothese kann nicht verworfen werden.

Ergebnis: Die Verkürzung von Phalanx I (siehe Diagramm) ist mit $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant. Die appr. Testgröße korr. nach Cureton (mit Kendall) ist = -1,656140 bestätigt mit ebenfalls $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit oben gemachte Aussage.

Die anderen Berechnungen durch den Computer lauten:

Erwartungswert	= 150,0
Testgröße	= - 54,0
Appr. normalvert. Testgröße	= -1,542856
Appr. Testgröße korr. nach Cureton	= -1,648540
Appr. Testgröße korr. nach Kendall	= -1,732051

Es treten Bindungen auf:

Anzahl der Bindungen insgesamt	= 1
Anzahl der paarweisen Bindungen	= 0
Anzahl der dreifachen Bindungen	= 0
Anzahl der vierfachen Bindungen	= 0
Anzahl der n-fachen Bindungen	= 1 (n > 4)

Prozentzahl der Beobachtungen in Bindungen	= 95,83
--	---------



Abb. 27a. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen der Phalanx I (Mittelstrahl), abhängig vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Fraktur

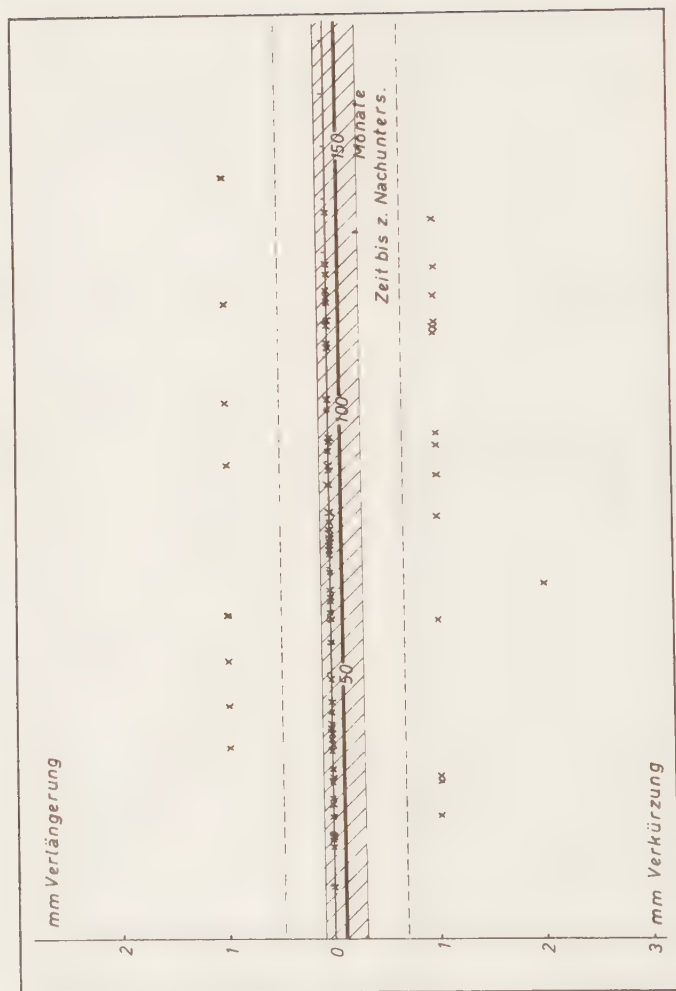


Abb. 27b. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen der Phalanx I (Mittelstrahl), abhängig vom Zeitintervall zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

VJ1 PHALANX II (Mittelstrahl) (Abb. 28 a,b)

N	=	78
$\bar{x}$	=	0,03
s	=	0,58

Es wurden an 78 Kindern Längendifferenzen zwischen dem Phalanx II des gesunden und des frakturierten Armes gemessen.

Anzahl der Differenzen insgesamt	=	78
Anzahl der Null Differenzen	=	52
Reduzierte Anzahl	=	26

$\hat{R}_{\text{gemessen}}$	=	162
R_{kritisch}	=	75

FOLGLICH: $\hat{R}_{\text{gemessen}} > R_{\text{kritisch}}$: Nullhypothese kann nicht verworfen werden

Ergebnis: Die Verlängerung von Phalanx II (siehe Diagramm) ist mit $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant. Die appro. Testgröße, korr. nach Cureton (mit Kendall) = 0,392232 bestätigt mit ebenfalls $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit oben gemachte Aussage.

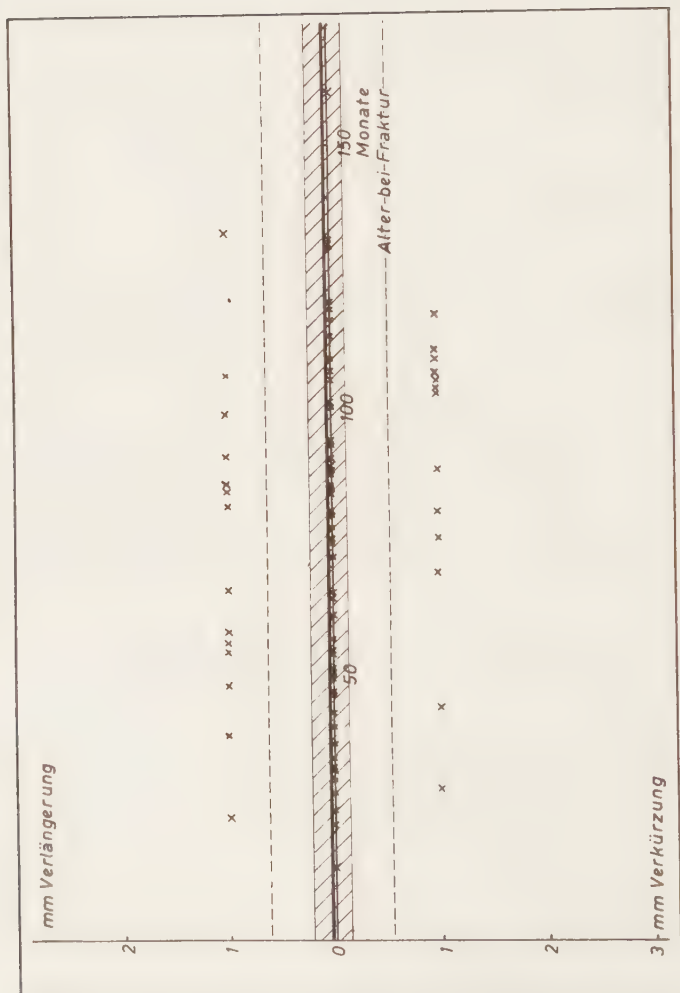
Die anderen Berechnungen durch den Computer lauten:

Erwartungswert	=	175,5
Testgröße	=	13,5
Appr. normalvert. Testgröße	=	0,342873
Appr. Testgröße korr. nach Cureton	=	0,389686
Appr. Testgröße korr. nach Kendall	=	0,392232

Es treten Bindungen auf:

Anzahl der Bindungen insgesamt	=	1
Anzahl der paarweisen Bindungen	=	0
Anzahl der dreifachen Bindungen	=	0
Anzahl der vierfachen Bindungen	=	0
Anzahl der n-fachen Bindungen	=	1 (n > 4)

Prozentzahl der Beobachtungen in Bindungen = 100,00



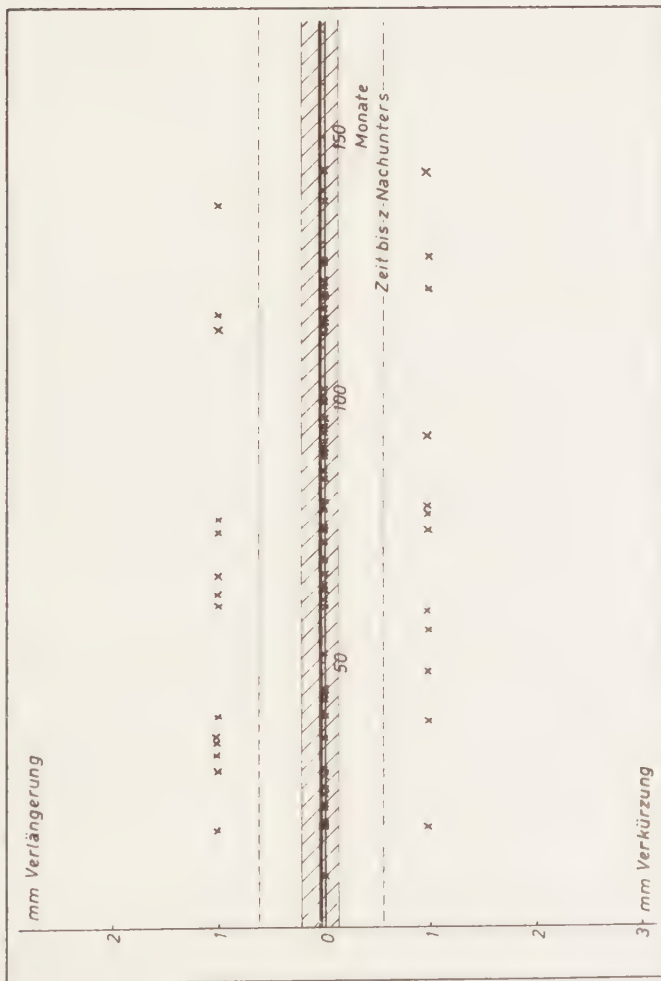


Abb. 28b. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen der Phalanx II (Mittelstrahl), abhängig vom Zeitintervall zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

VIII PHALANX III (Mittelstrahl) (Abb. 29 a,b)

N	=	74
$\bar{x}$	=	0,095
s	=	0,375

Es wurden an 74 Kindern Längendifferenzen zwischen dem Phalanx III des gesunden und des frakturierten Armes gemessen.

Anzahl der Differenzen insgesamt	= 74
Anzahl der Null Differenzen	= 68
Reduzierte Anzahl	= 6

$$\hat{R}_{\text{gemessen}} = 2,5$$

$$R_{\text{kritisch}} = 0$$

FOLGLICH: $\hat{R}_{\text{gemessen}} > R_{\text{kritisch}}$: Nullhypothese kann nicht verworfen werden.

Ergebnis: Die Verkürzung von Phalanx III (siehe Diagramm) ist mit $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant. Die appr. Testgröße, korrr. nach Cureton (mit Kendall) = -1,644091 bestätigt mit ebenfalls $\alpha = 1\%$ Irrtumswahrscheinlichkeit oben gemachte Aussage.

Die anderen Berechnungen durch den Computer lauten:

Erwartungswert	= 10,5
Testgröße	= - 8,0
Appr. normalvert. Testgröße	= -1,677256
Appr. Testgröße korrr. nach Cureton	= -1,643944
Appr. Testgröße korrr. nach Kendall	= -1,730362

Es treten Bindungen auf:

Anzahl der Bindungen insgesamt	= 2
Anzahl der paarweisen Bindungen	= 1
Anzahl der dreifachen Bindungen	= 0
Anzahl der vierfachen Bindungen	= 1
Anzahl der n-fachen Bindungen	= 0 ($n > 4$)

Prozentzahl der Beobachtungen in Bindungen	= 100,00
--	----------

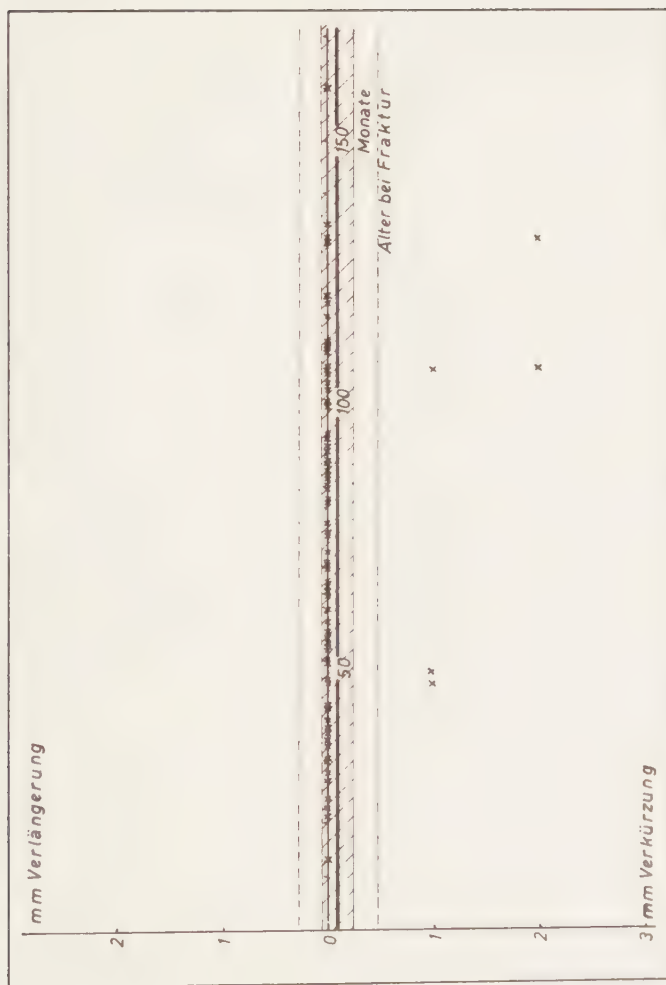


Abb. 29a. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen der Phalanx III (Mittelstrahl), abhängig vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Fraktur

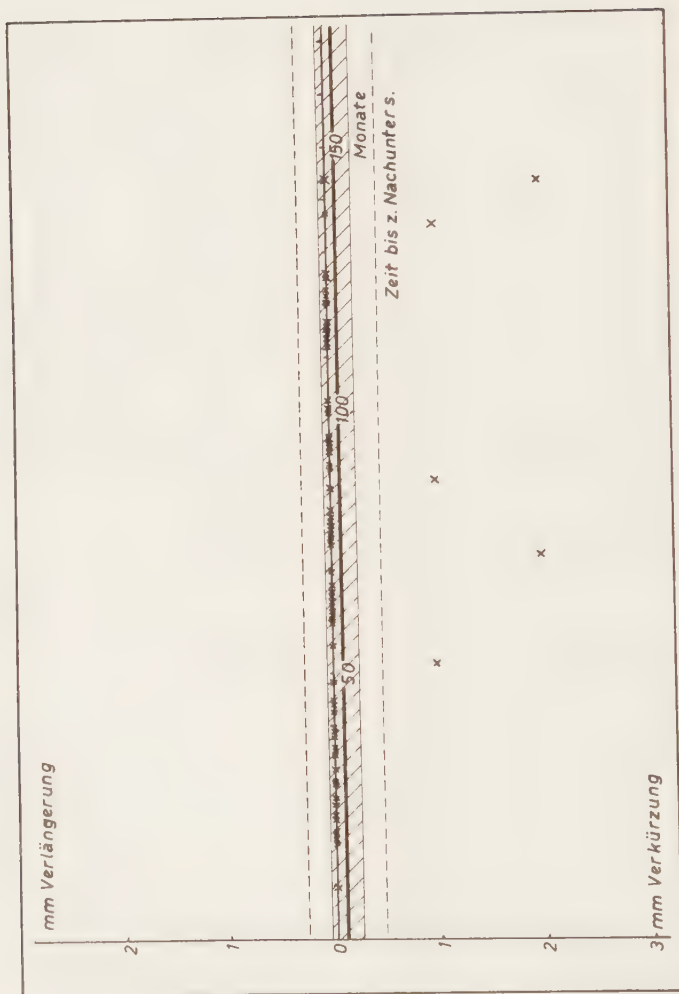


Abb. 29b. Ergebnis der röntgenologischen Längenmessungen der Phalanx III (Mittelstrahl), abhängig vom Zeitintervall zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

ZUSAMMENFASSUNG der Längenmessungen und Statistik

An 83 Kindern wurden nach einer suprakondylären Humerusfraktur an Humerus, Ulna, Radius, Handwurzelknochen, Os metacarpale (Mittelstrahl), Phalanx I - III (Mittelstrahl) Längendifferenzen zwischen gesundem und frakturiertem Arm gemessen. Als Vergleich wurde der gesunde Arm genommen und damit verbundene Stichproben erhoben.

Was die graphische Aufzeichnung der Differenzen im Zusammenhang mit den berechneten statistischen Größen Mittelwert, Streuung und Konfidenzintervall bereits vermuten ließ, konnte der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen und die approximative Testgröße, korrigiert nach Cureton (mit Kendall), sichern:

Mit einer in allen Fällen vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 1\%$ ist nur die Verlängerung des Humerus signifikant. Die Verlängerung hingegen von Radius, Os metacarpale und Phalanx II sind nicht signifikant. Ebenfalls nicht signifikant sind die Verkürzungen von Ulna, Phalanx I und Phalanx III. Dasselbe gilt für die Verkleinerung der planimetrierten Handwurzelknochen.

Tabelle 45

Verlängerungen bzw. Verkürzungen einzelner Knochen
nach einer suprakondylären Humerusfraktur unter Be-
rücksichtigung des Wilcoxon-Testes für Paardifferenzen

	Verlängerung	Verkürzung	Wilcoxon-Test $\alpha = 1 \%$
Humerus	+	-	signifikant
Ulna	-	+	nicht signifikant
Radius	+	-	nicht signifikant
Handwurzelknochen	-	Verkleinerung	nicht signifikant
Os metacarpale Mittelstrahl	+	-	nicht signifikant
Phalanx I Mittelstrahl	-	+	nicht signifikant
Phalanx II Mittelstrahl	+	-	nicht signifikant
Phalanx III Mittelstrahl	-	+	nicht signifikant

Tabelle 45 zeigt die Verlängerungen bzw. Verkürzungen einzelner Knochen der betroffenen Extremität nach einer suprakondylären Humerusfraktur. Angewandt wurde der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen und verbundene Stichproben. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt $\alpha = 1 \%$.

8. Diskussion

=====

Die Ergebnisse unserer Nachuntersuchungen haben wir mit den Ergebnissen anderer Autoren kritisch verglichen. Gegenstand der vergleichenden Prüfung war zuerst das klinische Nachuntersuchungsergebnis, dann das röntgenologische.

Hinsichtlich der Altersverteilung der suprakondylären Humerusfrakturen konnten wir einen Häufigkeitsgipfel im 7. Lebensjahr feststellen. Wir befinden uns dabei im Einklang mit V. HOFMANN und SAMIMI u. ABEL. SCHLAG u. HABLE beobachteten die größte Anzahl der suprakondylären Humerusfrakturen bei Kindern im 6. Lebensjahr, HIRSCH dagegen bei Kindern im 12. Lebensjahr.

Die Geschlechtsverteilung Knaben zu Mädchen betrug in unserer Klinik 52 : 31 (62,7 % : 37,3 %). Das deutliche Überwiegen des männlichen Geschlechts wird von vielen Autoren bestätigt (HECKER, SCHULZ u. SURMELI, HIRSCH, TEUTSCH u. SCHMIDT, MORKOS u.a.). Nach HECKER ist diese Tatsache auf die größere Aktivität der Jungen beim Spiel zurückzuführen.

In Bezug auf die Seitenlokalisation wiesen in unserem Krankengut 46 Kinder (55,4 %) eine linksseitige suprakondyläre Humerusfraktur auf, 37 Kinder (44,6 %) eine rechtsseitige. Dieses auffallende Überwiegen der linksseitigen Verletzung gegenüber der rechtsseitigen wird von zahlreichen Autoren bestätigt (HECKER, LUBINUS, MAY, WELLER, V. HOFMANN, SCHLAG u. HABLE, SCHWENCKE, MUSCHTER u. SCHOLZ u.a.). Die Ursache für die Bevorzugung der linken Seite sieht BAUMANN in der unterschiedlichen Verwendung beider Arme. "Der rechte Arm wird mehr zum Angriff auf Arbeit und Feind, der linke vor allem zum Schutz beim Stürzen und als Schild be-

nützt" (BAUMANN, s. Abb. 7, S. 11), HECKER und DAUM geben eine dem Sinne nach ähnliche Erklärung.

Außer LUBINUS, V. HOFMANN und TEUTSCH u. SCHMIDT äußert sich in der Literatur kein Autor darüber, warum gerade bei Kindern im Gegensatz zu den Erwachsenen die suprakondyläre Humerusfraktur so häufig auftritt. LUBINUS, V. HOFMANN und TEUTSCH u. SCHMIDT führen die Häufigkeit der suprakondylären Humerusfraktur bei Kindern vor allem darauf zurück, daß sich die Gelenkkapsel gegenüber dem relativ weichen Knochen durch enorme Festigkeit auszeichne. TEUTSCH u. SCHMIDT geben als weitere Ursachen den Querschnitt des Humerus an der Bruchstelle an; der Querschnitt sei an dieser Stelle am kleinsten und deshalb am meisten gefährdet. Diese Erklärung widerlegte LUBINUS mit seinen Querschnittsmessungen am Humerus bereits 1924. Er konnte beweisen, daß die Querschnittsgröße an der Bruchstelle wesentlich größer ist als oberhalb. Zudem betonte LUBINUS, daß die Querschnittsgröße über die Festigkeit eines Knochens keinen absoluten Aufschluß geben kann. Vielleicht liegt der Grund für die höhere Anzahl der suprakondylären Humerusfrakturen bei Kindern einfach darin, daß die größere Vitalität der Kinder — verbunden mit einem höheren Gefahrenrisiko — den Häufigkeitsunterschied verursacht.

Die Einteilung der suprakondylären Humerusfrakturen in einen Extensions- und Flexionstypus (s. S. 6) wie es allgemein in der Literatur üblich ist, erweist sich nach unserer Erfahrung als unvollständig, da nicht alle Frakturen eindeutig dem genau definierten Extensions- bzw. Flexionstypus zugeordnet werden können. Von 83 nachuntersuchten Frakturen gehörten 57 Frakturen (68,6 %) eindeutig dem Extensionstypus, 7 Frakturen

(8,4 %) eindeutig dem Flexionstypus an. Die anderen Frakturen zeigten eine waagrechte unverschobene Bruchfläche oder Merkmale sowohl des Extensions- wie des Flexionstypus (s. S. 89). BLOUNT und GROB gestehen der Flexionsfraktur nur eine Häufigkeit von 1 %, TEUTSCH u. SCHMIDT hingegen eine Häufigkeit von 12 % zu.

Hinsichtlich der Fraktüreinteilung in Schweregrade nach BAUMANN (s. S. 89) mußten von unserem Krankengut 38 Frakturen (45,8 %) dem Typ I, 43 Frakturen (51,8 %) dem Typ II und 2 Frakturen (2,4 %) dem Typ III zugerechnet werden. MUSCHTER u. SCHOLZ hatten bei 160 Fällen 31 % vom Typ I, 42 % vom Typ II und 27 % vom Typ III nach BAUMANN zu verzeichnen. HIRSCH dagegen fand bei 144 Fällen nur 12,3 % für den Typ I vor; die restlichen 87,7 % gehörten gemeinsam dem Typ II und Typ III an.

Die Behandlungsmethoden der suprakondylären Humerusfraktur sind zahlreich. Man unterscheidet nach TEUTSCH u. SCHMIDT, SATTER, BAY u. BULLE und BARZ u. HARTMANN eine konservative Therapie (Gipsverband, BLOUNT'scher Verband, KAMPRATH-Schiene), eine halbkonservative Therapie (Vertikalextension nach BAUMANN, Extensionsbehandlung nach v. EKESPARRE, Kombinationsmethode nach JAHNA u. POIGENFÜRST, perkutane Bohrdrahtfixation nach J. BÜHLER) und eine operative Therapie (WITT, BANDI u.a.). (s. 5. Kapitel: Therapiemöglichkeiten).

In unserer Klinik wurden alle 83 nachuntersuchten Kinder mit einer suprakondylären Humerusfraktur konservativ bzw. halbkonservativ behandelt. 66 Kinder erhielten eine dorsale Oberarmgipsschiene, 6 Kinder eine Abduktionschiene in Kombination mit einer dorsalen Oberarmgipsschiene, 6 Kinder einen Thorax-Arm-Gips und 5 Kinder eine BAUMANN'sche Vertikalextension.

Bei den Nachuntersuchungen kam es uns besonders darauf an, festzustellen, ob bei den Kindern objektive Funktionsbeeinträchtigungen, röntgenologische Fehlstellungen oder subjektive Beschwerden bestehen und ob Zusammenhänge zwischen klinischen und röntgenologischen Ergebnissen erkennbar sind. Weiterhin stellen wir uns die Aufgabe, statistisch eindeutig zu klären, bei welchen einzelnen Knochen der verletzten Extremität eventuell eine Verlängerung bzw. Verkürzung nach einer suprakondylären Humerusfraktur auftritt. Alle Untersuchungen fanden im Vergleich mit dem gesunden Arm statt.

Hinsichtlich der Beugung im Ellbogengelenk konnten wir bei 6 Kindern (7,2 %) eine Einschränkung -in 4 Fällen bis zu 5 Grad, in 2 Fällen bis zu 10 Grad- beobachten. Bei 4 Kindern (4,8 %) sahen wir eine Einschränkung der Streckung, die in 2 Fällen bis zu 5 Grad, in einem Fall bis zu 20 Grad und in einem anderen Fall bis zu 30 Grad betrug. Letzteres Kind gab keine subjektiven Beschwerden bei der Nachuntersuchung an. Die Pronation war bei einem Kind, die Supination bei 2 Kindern jeweils geringfügig eingeschränkt.

TEUTSCH u. SCHMIDT (Behandlungsmethode : Gipsverband) dagegen hatten Beugehemmungen bei 44 % und Streckhemmungen bei 30 % der nachuntersuchten Kinder (Anzahl : 50) gefunden. Das Maximum der Beuge- und Streckhemmungen lag bei 30 Grad. In 2 Fällen war die Pronation und Supination, in einem Fall nur die Supination eingeschränkt.

BAUMANN (Behandlungsmethode : Vertikalextension in stabiler Gleichgewichtslage) gibt keine Grade der Bewegungseinschränkungen an, vermerkt aber, daß von 67 nachuntersuchten Kindern 12 eine geringe Einschränkung und ein Kind eine erhebliche Einschränkung der Beweglichkeit im Ellbogengelenk gezeigt hatten.

Gute Ergebnisse konnten SCHLAG u. HABLE (Behandlungsmethode : Gedeckte Bohrdrahtosteosynthese) verzeichnen. Bei 81 nachuntersuchten Kindern war die Beugung nur in 5 Fällen (6,2 %) und die Streckung nur in 4 Fällen (4,9 %) bis zu einem Maximum von 10 Grad eingeschränkt. Die Supination war in einem Fall und die Pronation in 8 Fällen geringgradig beeinträchtigt.

BARZ u. HARTMANN (Behandlungsmethode : Gedeckte Bohrdrahtosteosynthese) hatten jedoch bei 13 von 24 nachuntersuchten Patienten eine Einschränkung der Beugung im Ellbogengelenk bis zu einem Maximum von über 20 Grad beobachtet. Die Streckung war ebenfalls bei 12 Patienten bis zu einem Maximum von über 20 Grad behindert. In einem Fall zeigte sich eine geringe Einschränkung der Pronation.

BAY u. BULLE (Behandlungsmethode : BLOUNT'scher Verband) berichten, daß von 56 Kindern keines eine Beugehemmung aufwies; nur gelegentliche Streckhemmungen bis 5 Grad wurden gesehen.

NORKOS, der ebenfalls die Methode nach BLOUNT durchführte, hatte dagegen Beuge- und Streckhemmungen bis zu einem Maximum von 20 Grad bei 25 von 51 behandelten Kindern beobachtet.

GÜDEL (Behandlungsmethode : Offene Reposition und Fixation) konnte nur bei einem einzigen Kind (Anzahl der nachuntersuchten Kinder : 12) eine Beugehemmung feststellen; sie betrug 20 Grad.

Eine ischämische Muskelkontraktur bestand bei keinem unserer Patienten. Sämtliche primäre Nervenläsionen (2 Radialisparesen, eine Ulnarisparese und eine Sensibilitätsstörung) bildeten sich vollkommen zurück. L. BÖHLER bzw. JAHNA, V. HOFMANN, SCHLAG u. HABLE und SCHWENCKE berichten ebenfalls über eine Heilung ad integrum der Paresen und Sensibilitätsstörungen ohne operative Revision.

Durch Röntgenuntersuchungen im Seitenvergleich haben wir Varusdeformitäten bis zu einem Maximum von 25 Grad - in einem Fall bis 31 Grad - bei 43 Patienten (55,1 %), Valgusdeformitäten im Seitenvergleich bis zu einem Maximum von 15 Grad bei 26 Patienten (33,3 %) festgestellt (s. S. 102). Eine achsengerechte Stellung in der Frontalebene zeigten 9 Patienten (11,5 %). Keiner der Patienten mit einer hohen Abweichung im Varus- oder Valgus-Sinn gab subjektive Beschwerden an. Nur in 3 Fällen war eine leichte Einschränkung der Ellbogenbeweglichkeit bei Patienten mit einer hohen Abweichung im Varus- oder Valgus-Sinn zu beobachten. Gemessen wurde die Varus- bzw. Valgusdeformität anhand des Winkels $\angle$ nach BAUMANN (s. S. 19, Abb. 11). Wir nahmen jedoch, wenn die Epiphysenfugen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits geschlossen waren, den Humerus - Ulna - Winkel nach Markierung der Humerus - Ulna - Achsen zu Hilfe, da der Winkel $\angle$ bei geschlossenen Epiphysenfugen nicht meßbar ist (siehe "Röntgenologisches Nachuntersuchungsergebnis", Seite 105).

Für den Winkel $\angle$ (s. S. 119) am nicht frakturierten Humerus fanden wir eine Schwankungsbreite von 60 bis 79 Grad. Der Durchschnittswert des Winkels $\angle$ -gemessen bei 24 Knaben und 14 Mädchen- betrug 70 Grad. Obwohl der Winkel $\angle$ nach BAUMANN eine genauere Messung der Achsenknickung in der Frontalebene gewährleistet als der Humerus - Ulna - Winkel, genügt die Absolut-Messung am frakturierten Arm nicht. Ein Vergleich mit der Gegenseite

ist aufgrund der hohen Schwankungsbreite des Winkels $\angle$ am gesunden Humerus für eine genaue Beurteilung der Achsenknickung unbedingt erforderlich und kann nicht nur in einigen Fällen wünschbar sein, wie BAUMANN es vermerkt.

SCHLAG u. HABLE und SCHUBERT u. FORBERGER haben als einzige Autoren genaue röntgenologische Meßergebnisse hinsichtlich einer Achsenknickung im Varus- oder Valgus-Sinn mitgeteilt. Besonders aufschlußreich sind die Zahlen von SCHLAG u. HABLE (Behandlungsmethode: Gedeckte Bohrdrahtosteosynthese). Sie fanden in 38 Fällen (46,9 %) eine Varusdeformität bis zu einem Maximum von 15 Grad und in 13 Fällen (16 %) eine Valgusdeformität bis zu einem Maximum von 10 Grad (s. S. 81). Eine achsengerechte Stellung in der Frontalebene zeigten 30 Patienten (37 %).

Die Achsenknickung in der Sagittalebene haben wir ebenfalls im Seitenvergleich anhand des Humerus - Trochlea - Winkels gemessen. Wir sahen bei 42 nachuntersuchten Patienten (52,5 %) eine Antekurvation (s. S. 110) bis zu einem Maximum von 20 Grad und bei 20 Patienten (25 %) eine Rekurvation bis zu einem Maximum von 25 Grad. Eine achsengerechte Stellung fanden wir bei 18 Patienten (22,5 %). Kein Patient mit einer hohen Abweichung hinsichtlich einer Ante- bzw. Rekurvation wies eine Einschränkung in Beugung, Streckung, Pronation und Supination auf (s. S. 110). Hier stehen wir im Gegensatz zu SCHLAG u. HABLE, die die Bedeutung der Antekurvation für die spätere Beugefunktion betonen.

SCHLAG u. HABLE fanden bei 22 Patienten (27,1 %) eine Antekurvation bis zu einem Maximum von 12 Grad. Alle anderen nachuntersuchten Kinder (72,8 %) zeigten eine achsengerechte Stellung in der Sagittalebene.

In den letzten Jahren wurde immer häufiger auf die Methode der perkutanen Bohrdrahtfixation hingewiesen (HECKER 1957, 1966, 1969; J. BÖHLER 1959, 1963, 1965, 1969; SCHWENCKE 1968; WINKLER 1970; KROENER 1970; SCHLAG u. HABLE 1971; BARZ u. HARTMANN 1973 u. a.). Die Zahl der mittels gedeckter Bohrdrahtosteosynthese korrigierten suprakondylären Humerusfrakturen hat in den letzten Jahren auch in unserer Klinik erheblich zugenommen; eine Arbeit, die sowohl die Ergebnisse der gedeckten Bohrdrahtosteosynthese berücksichtigt, ist vorgesehen.

Ein Vergleich unserer klinischen und röntgenologischen Ergebnisse mit denen von SCHLAG u. HABLE (Unfallkrankenhaus LINZ) zeigt, daß sich mit der gedeckten Bohrdrahtosteosynthese erheblich bessere röntgenologische Ergebnisse erzielen lassen. Die Maximalabweichungen im Varus-Sinn waren bei den nachuntersuchten Kindern (Anzahl : 81) von SCHLAG u. HABLE um 10 - 15 Grad geringer. Auch die Maximalabweichungen im Valgus-Sinn betrugen um 5 Grad weniger als bei unseren nachuntersuchten Kindern. Ebenso haben SCHLAG u. HABLE mittels der gedeckten Bohrdrahtosteosynthese im Vergleich zu unseren Ergebnissen einen um 8, 2 % geringeren Anteil an Varusdeformitäten und einen um 17,3 % geringeren Anteil an Valgusdeformitäten in ihrem Krankengut erzielen können.

Hinsichtlich der Antekurvationslagen lagen die Maximalabweichungen in unserem Krankengut um 6 Grad höher als die von SCHLAG u. HABLE gefundenen. Auch der prozentuale Anteil der Kinder mit Antekurvationslagen war bei unserer Nachuntersuchung um 25,4 % größer als der von SCHLAG und HABLE verzeichnete. Über subjektive Beschwerden wußten SCHLAG u. HABLE in keinem Fall zu berichten, während bei unseren Nachuntersuchungen 12 Patienten (14,4 %) über Schmerzen bei Witterungswechsel bzw. Be-

lastung klagten. Unsere Ergebnisse hinsichtlich der Funktion (Beugung, Streckung, Pronation und Supination) stimmen jedoch weitgehend mit den Ergebnissen von SCHLAG u. HABLE überein.

Eine vergleichende Betrachtung objektiver Funktionsbeeinträchtigungen, röntgenologischer Fehlstellungen und subjektiver Beschwerden zeigt eine große Diskrepanz der einzelnen Ergebnisse bei dem jeweiligen Patienten und läßt nur in wenigen Fällen Zusammenhänge vermuten. SCHUBERT und FORDERGER sehen hier eine enge Beziehung zwischen der Abweichung des Winkels α nach BAUMANN und Bewegungseinschränkungen (Anzahl der nachuntersuchten Kinder : 51). Wir haben diese nicht nachweisen können.

Von nicht oder eventueller Verlängerungen bzw. Verkürzungen einzelner Knochen nach einer suprakondylären Humerusfraktur konnten wir im Seitenvergleich sowohl aufgrund des Wilcoxon-Testes für Paardifferenzen als auch aufgrund der approximativen Testgröße, korrigiert nach Cureton (mit Kendall), folgendes eindeutig feststellen: Mit einer in allen Fällen vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 1\%$ ist nur die Verlängerung des Humerus signifikant. (Mittelwert der Verlängerung: $\bar{x} = 5,80$ mm) Die von uns beobachteten Verlängerungen von Radius, Os metacarpale und Mittelphalanx sind nicht signifikant ($\alpha = 1\%$). Ebenfalls nicht signifikant ($\alpha = 1\%$) sind die von uns gefundenen Verkürzungen von Ulna, Grund- und Endphalanx. Dasselbe gilt für die Verkleinerung der planimetrierten Handwurzelknochen. FLACH u. a. jedoch ermittelten bei Kindern mit distalen Unterarmfrakturen — 33 konnten nachuntersucht werden — eine statistische Signifikanz für die Vergrößerung der Handwurzelknochen.

9. Zusammenfassung

=====

In den Jahren 1960 - 1969 wurden in der Kinderchirurgischen Klinik der Universität München 156 Kinder mit einer suprakondylären Humerusfraktur behandelt. 83 Kinder konnten nachuntersucht werden.

Die Therapie war konservativ. Neben dem Thorax-Arm-Gips kam vor allem die dorsale Oberarmgipsschiene zur Anwendung. Bei 5 Kindern legten wir die BAUMANN'sche Vertikalextension an.

Die Geschlechtsverteilung Knaben zu Mädchen betrug 52 : 31 (62,7 % : 37,3 %). Die Frakturen ereigneten sich jeweils zwischen dem 1. und 14. Lebensjahr. Am häufigsten traten sie im Alter von 7 Jahren auf. Die linksseitige Fraktur überwog im Vergleich mit der rechtsseitigen um 10,8 %. Dem Flexionstypus gehörten 8,4 % der Frakturen an. Hinsichtlich der Fraktureinteilung in Schweregrade nach BAUMANN mußten 45,8 % dem Typ I, 51,8 % dem Typ II und 2,4 % dem Typ III zugerechnet werden.

Sinn der Arbeit war, Kinder mit suprakondylären Humerusfrakturen klinisch und röntgenologisch nachzuuntersuchen. Es kam uns besonders darauf an, festzustellen, ob bei den Kindern objektive Funktionsbeeinträchtigungen, röntgenologische Fehlstellungen oder subjektive Beschwerden bestanden. Weiterhin stellten wir uns die Aufgabe, statistisch eindeutig zu klären, bei welchen einzelnen Knochen der verletzten Extremität eventuell eine Verlängerung bzw. Verkürzung nach einer suprakondylären Humerusfraktur auftritt. Alle Untersuchungen fanden im Vergleich mit dem gesunden Arm statt.

Bei 6 Kindern (7,2 %) konnten wir eine Beugehemmung im Ellbogengelenk bis zu einem Maximum von 10 Grad beobachten. 4 Kinder (4,8 %) wiesen eine Streckhemmung auf, die in einem Fall bis zu 30 Grad betrug. Die Pronation war bei einem Kind, die Supination bei 2 Kindern jeweils geringfügig eingeschränkt. Eine ischämische Muskelkontraktur bestand bei keinem unserer Patienten. Sämtliche primäre Nervenläsionen (2 Radialisparesen, eine Ulnarisparese und eine Sensibilitätsstörung) bildeten sich vollkommen zurück. 12 Patienten gaben subjektive Beschwerden bei Witterungswechsel bzw. Belastung an.

Röntgenologisch haben wir im Seitenvergleich Varusdeformitäten bis zu einem Maximum von 25 Grad -in einem Fall bis 31 Grad- bei 43 Patienten (55,1 %), Valgusdeformitäten im Seitenvergleich bis zu einem Maximum von 15 Grad bei 26 Patienten (33,3 %) festgestellt.

42 Patienten (52,5 %) zeigten eine Antekurvatur bis zu einem Maximum von 20 Grad und 20 Patienten (25 %) eine Rekurvatur bis zu einem Maximum von 25 Grad. Eine achsengerechte Stellung in der Sagittalebene sahen wir bei 18 Patienten (22,5 %), während in der Frontalebene nur 9 Patienten (11,5 %) eine einwandfreie röntgenologische Achsenstellung zeigten. Zusammenhänge zwischen röntgenologischen Fehlstellungen, objektiven Funktionsbeeinträchtigungen und subjektiven Beschwerden ließen sich nicht erkennen.

Hinsichtlich des Längenwachstums der betroffenen Extremität nach einer suprakondylären Humerusfraktur konnten wir aufgrund des Wilcoxon-Testes für Paardifferenzen und aufgrund der approximativen Testgröße, korrigiert nach Cureton (mit Kendall), eindeutig feststellen, daß mit einer in allen Fällen vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 1\%$ eine Verlängerung des Humerus signifikant ist

(Mittelwert der Verlängerung: $\bar{x} = 5,80$ mm). Die von uns beobachteten Verlängerungen von Radius, Os metacarpale und Mittelphalanx sind nicht signifikant ($\alpha = 1\%$). Ebenfalls nicht signifikant ($\alpha = 1\%$) sind die von uns gefundenen Verkürzungen von Ulna, Grund- und Endphalanx. Dasselbe gilt für die von uns beobachtete Verkleinerung der planimetrierten Handwurzelknochen.

Literaturverzeichnis

=====

- BANDI, W. Die gelenknahen Frakturen des Oberarmes

Chirurg 40, 193 (1969)
- BARZ, B. Behandlung der dislozierten suprakondylären
HARTMANN, H. Humerusfrakturen im Kindesalter

actuelle chir. 8, 315 (1973)
- BAUMANN, E. Zur Behandlung der Knochenbrüche am
Ellbogengelenk

Langenbecks Arch. Klin. Chir. 295, 300
(1960)
- BAUMANN, E. Spezielle Frakturen- und Luxationslehre,
Band II/1 Ellbogen

Thieme, Stuttgart (1965)
- BAY, V. Beitrag zur konservativen Behandlung der
BULLE, G. suprakondylären Humerusfrakturen im
Kindesalter

Z. Kinderchir., Supplement zu Bd. 11, 749
(1972)
- BLOUNT, W.P. Knochenbrüche bei Kindern

Thieme, Stuttgart (1957)

- BÖHLER, J. Gedeckte Bohrdrahtosteosynthese kindlicher suprakondylärer Oberarmbrüche

chir. praxis 3, 397 (1959)
- BÖHLER, J. Gedeckte Osteosynthese mit Bohrdrähten bei stark verschobenen suprakondylären kindlichen Oberarmbrüchen

Langenbecks Arch. Klin. Chir. 304, 517 (1963)
- BÖHLER, J. Ulnarisschädigung nach perkutaner Bohrdrahtosteosynthese der suprakondylären Oberarmbrüche

Zbl. Chir. 90, 138 (1965)
- BÖHLER, J. Die Frakturen des kindlichen Ellbogengelenks

Verh. DGOT 56, 245 (1969)
- BÖHLER, L. Behandlung der suprakondylären Oberarmbrüche bei Kindern und Jugendlichen

Mschr. Unfallheilk. 64, 1 (1961)
- BÖHLER, L. Konservative und operative Behandlung der kindlichen Oberarmbrüche

Langenbecks Arch. Klin. Chir. 304, 630 (1963)

- BOETTCHER, J. Behandlung suprakondylärer Oberarmbrüche
SAILER, R. im Kindesalter
KOVACICEK, ST. Chirurg 40, 28 (1969)
- BÜRKLE DE LA CAMP, H. Die einfachste Frakturenbehandlung
einschließlich Extension

Langenbecks Arch. Klin. Chir. 295, 271
(1960)
- EGYED, B. Neue Methode für die Diagnose und Prognose
der Brüche der unteren Humerusepiphyse

Zbl. Chir. 80, 351 (1955)
- FLACH, A. Wachstumsveränderungen nach Frakturen
GEISBE, H. der Extremitäten im Kindesalter
FENDEL, H. Z. Kinderchir. 4, 58 (1967)
- GÖDEL, M. U. Ergebnisse nach operativer Therapie
distaler Humerusfrakturen im Kindes-
alter

Zbl. Chir. 98, 162 (1973)
- GROB, M. Lehrbuch der Kinderchirurgie

Thieme, Stuttgart (1957)
- GURLT Die Lehre von den Knochenbrüchen

Band 2, Berlin 1862

- HAGEN, R. Zur Behandlung der suprakondylären
Humerusfraktur beim Kind

Chirurg 39, 415 (1968)
- HECKER, W.CH. Zur percutanen Drahtfixierung suprakondy-
lärer Humerusfrakturen im Kindesalter

Mschr. Unfallheilk. 60, 245 (1957)
- HECKER, W.CH. Die distalen Humerusfrakturen im Kindes-
DAUM, R. alter unter besonderer Berücksichtigung
RÜTER, E. von Spätergebnissen
OTTO, H.

Mschr. Unfallheilk. 69, 305 (1966)
- HIRSCH, H.H. Arm-Schulter-Thorax-Gipsschienenverband
bei suprakondylärer Humerusfraktur im
Kindesalter

chir. praxis 15, 295 (1971)
- HOFMANN, V. Zur Behandlung der suprakondylären Humerus-
frakturen im Kindesalter

Zbl. Chir. 93, 1678 (1968)
- JAHNA, H. Neuere Gesichtspunkte zu Pathogenese und
POIGENFÜRST, J. Prophylaxe der ischämischen Muskelkontraktur

actuelle chir. 1, 229 (1966)

- KAMPRATH, P. Ein einfaches Verfahren zur Einrichtung
und zum Festhalten schwerer suprakondylärer
Oberarmbrüche beim Kinde.

Chirurg 23, 110 (1952)
- KATZMANN, H. Zur Behandlung suprakondylärer Oberarm-
frakturen bei Kindern

Zbl. Chir. 90, 2089 (1965)
- KEY, J.A. Management of Fractures, Dislocations
CONWELL, H.E. and Sprains

7. Aufl., Mosby, St. Louis (1961)
zit. nach E. BAUMANN
- KOCHER, TH. Beiträge zur Kenntnis einiger praktisch
wichtiger Frakturformen

BASEL u. LEIPZIG (1896)
- KROENER, D. Die Versorgung kindlicher suprakondylärer
Oberarmbrüche mit gekreuzten Bohrdrähten

Chirurg 41, 188 (1970)
- KRONAST, P. Katamnestisch erhobene röntgenologische
POMPINO, H.-J. Meßergebnisse nach Oberschenkel- und Ober-
FENDEL, H. armfrakturen

KINDERCHIRURGIE, Neue Wege in Diagnostik
und Therapie, URBAN SCHWARZENBERG (1974)
München - Berlin - Wien

- KUSS, B.
HENNRICH, G.
Zur Behandlung der suprakondylären
Humerusfraktur beim Kind
Zbl. Chir. 92, 319 (1967)
- LAURENCE, G.
Diagnostic et traitement des fractures
supracondyliennes de l'humérus
Rev. Prat., Paris 16, 27, (1966);
zit. nach M.C. MARTI und A. CUENDET
- LUBINUS
Über den Entstehungsmechanismus und die
Therapie der suprakondylären Humerusfraktur
Dtsch. Z. Chir. 186, 289 (1924)
- MARTI, M.C.
CUENDET, A.
Fractures supracondyliennes de l'humérus
chez l'enfant
Z. Kinderchir. 12, 384 (1973)
- MAY, E.
Ergebnisse der konservativen Behandlung
suprakondylärer Humerusfrakturen im
Kindesalter
Chirurg 32, 265 (1961)
- MORGER, R.
Zur suprakondylären Humerusfraktur
beim Kind
Z. Kinderchir. 3, 67 (1966)

- MORGER, R. Verletzungen am kindlichen Ellbogen

Z. Kinderchir., Supplement zu Bd. 11, 717
(1972)
- MORKOS, N. Konservative Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter mit dem Blountschen Verband

Zbl. Chir. 94, 565 (1969)
- MUSCHTER, K.
SCHOLZ, O. Konservative Behandlung suprakondylärer Humerusfrakturen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Immobilisationsmethoden

Mschr. Unfallheilk. 72, 422 (1969)
- v. OERTZEN, S.
MARWEGE, H. Ellenbogengelenksnahe Brüche im Kindesalter

Zbl. Chir. 88, 1361 (1963)
- REHBEIN, F.
HOFMANN, S. Knochenverletzungen im Kindesalter

Langenbecks Arch. Klin. Chir. 304, 539
(1963)
- REISMANN, B.
VITALI, H.P. Die Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur des Kindesalters - Fehler, Gefahren und Ergebnisse

Z. Kinderchir. 9, 250 (1970)

- RITTER, G.
SARVESTANI, M.
Problematik und Therapie der kindlichen
suprakondylären Oberarmfraktur
Fortschr. Med. 91, 671 (1973)
- SACHS, L.
Statistische Auswertungsmethoden
Springerverlag, Berlin-Heidelberg
-New York, 3. Auflage (1972)
- SAMIMI, P.
ABEL, R.
Ergebnisse der konservativen Behandlung
suprakondylärer Humerusfrakturen im
Kindesalter
Mschr. Unfallheilk. 69, 313 (1966)
- SATTER, P.
SCHULTE, H.D.
DÖRR, B.
Die Ergebnisse der Behandlung supra-
kondylärer Oberarmfrakturen bei Kindern
unter besonderer Berücksichtigung der
Methode nach BLOUNT
Zbl. Chir. 96, 125 (1971)
- SCHICKEDANZ, H.
SCHRAMM, H.
HERRMANN, K.
JÄGER, S.
Frakturen und Luxationen im Ellenbogen-
gelenkbereich des Kindes
Z. Kinderchir. 13, 246 (1973)
- SCHINK, W.
Die Fractura supracondylica humeri und
die ischämische Kontraktur im Kindesalter
Chirurg 39, 417 (1968)

TEUTSCH, W. Nachuntersuchungsergebnisse konservativ
SCHMIDT, H. behandelter suprakondylärer Humerus-
frakturen bei Kindern

Zbl. Chir. 92, 2874 (1967)

WELLER, S. Die suprakondyläre Humerusfraktur im
KOSLOWSKI, L. Kindesalter
RÖTZEL, J.

Med. Welt 16, 831 (1965)

WELLER, S. Konservative oder operative Behandlung
von suprakondylären Oberarmfrakturen

akt. traumat. 4, 79 (1974)

WINKLER, E. Suprakondyläre Humerusfraktur
- perkutane Doppeldrahtspießung

Mschr. Unfallheilk. 102, 154 (1970)

WITT, A.N. Zur operativen Behandlung der supra-
kondylären Humerusfraktur im Kindesalter

Chirurg 26, 488 (1955)

Dankeswort

Herrn Prof. Dr. med. W. Ch. HECKER danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und für die Unterstützung bei der Ausarbeitung. Ebenso danke ich Herrn Dr. med. H. FENDEL, Leiter der röntgenologischen Abteilung der Universitätskinderklinik München, für seine immer bereitwillige Unterstützung und hilfreiche Anleitung hinsichtlich des röntgenologischen Teiles der Arbeit. Besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. F. HÖPNER für seinen unermüdlichen und wertvollen Rat bei zahlreichen Besprechungen. Nicht zuletzt danke ich auch Herrn Dr. ing. S. PÖPPL (Institut für Medizinische Datenverarbeitung der Technischen Hochschule München) für die hervorragende Beratung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Lebenslauf

Am 25. Mai 1947 wurde ich als Sohn des Chirurgen Dr. med. Hans Dentler und seiner Ehefrau, der Ärztin Luise Dentler, geb. Klettner, in Lindau/Bodensee geboren.

Die Gymnasialzeit verbrachte ich vorwiegend im Kolleg St. Blasien im Schwarzwald, wo ich auch 1966 die Reifeprüfung ablegte. Danach studierte ich in München Humanmedizin. Im Frühjahr 1968 bestand ich das Vorphysikum, im Herbst 1969 das Physikum. Nach den klinischen Semestern an der Universität München legte ich im Juni 1973 mein Staatsexamen in Humanmedizin an der Universität München ab. Während der vorklinischen und klinischen Semester studierte ich außerdem bei Prof. Pierre Fournier (Genève) Violoncello.

